

BAB II

LANDASAN TEORI

2.1 Perencanaan Geometrik

Perencanaan geometrik jalan merupakan suatu perencanaan rute dari suatu ruas jalan secara lengkap, menyangkut beberapa komponen jalan yang dirancang berdasarkan kelengkapan data dasar, yang didapatkan melalui hasil survey lapangan yang kemudian dianalisis berdasarkan acuan persyaratan geometrik yang berlaku. (Hamirhan Saodang, 2010)

2.1.1. Data Peta Topografi

Keadaan topografi dalam penetapan trase jalan memegang peranan yang sangat penting, karena akan mempengaruhi penetapan alinyemen, kelandaian jalan, jarak pandangan, penampang melintang, saluran tepi dan lain sebagainya.

Untuk lokasi dengan daerah datar, pengaruhnya tidak begitu nyata, penentuan trase dapat dengan bebas ditarik kemana saja, disesuaikan dengan arah dan tujuan rute jalan raya yang direncanakan. Untuk daerah perbukitan atau pegunungan adalah sebaliknya, topografi sangat mempengaruhi pemilihan lokasi serta penetapan bagian-bagian jalan lainnya, bahkan sangat mungkin akan mempengaruhi penetapan tipe jalan. Secara umum trase jalan pada daerah perbukitan, selalu mengikuti kontur dari topografi, sehingga banyak berkelok-kelok karena untuk mempertahankan kelandaian memanjang (*grade*) jalan. Namun demikian yang paling utama adalah *grade* disesuaikan dengan persyaratan yang ada, agar kendaraan berat masih bisa melaluinya.

2.1.2. Data Lalu Lintas

Data lalu lintas merupakan data utama yang diperlukan untuk perencanaan teknik jalan sebab kapasitas jalan yang akan direncanakan tergantung dari komposisi lalu lintas yang akan menggunakan jalan tersebut. Besarnya volume lalu lintas diperlukan untuk menentukan jumlah dan lebar lajur pada suatu jalur jalan pada perencanaan geometrik, sedangkan jenis kendaraan akan menentukan kelas

beban (MST) yang digunakan untuk perencanaan tebal perkerasan. (Hamirhan Saodang, 2010).

Data arus lalu lintas merupakan informasi dasar bagi perencanaan dan desain suatu jalan. Data ini dapat mencakup suatu jaringan jalan atau hanya satu daerah tertentu dengan batasan yang telah ditentukan. Data lalu lintas didapatkan dengan melakukan pendataan kendaraan atau survey kendaraan yang melintasi suatu ruas jalan, sehingga dari hasil pendataan ini kita dapat mengetahui volume lalu lintas diperoleh dalam satuan kendaraan per jam (kend/jam).

2.1.3. Data Penyelidikan Tanah

a. Cara Analisis

Adapun rumus yang digunakan pada CBR analisis adalah :

$$CBR_{\text{segmen}} = (CBR_{\text{rata-rata}} - (CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}})) / R$$

Nilai R tergantung dari jumlah data yang terdapat dalam suatu segmen.

Nilai R untuk perhitungan CBR_{segmen} diberikan pada tabel 2.1 di bawah ini :

Tabel 2.1 Nilai R untuk perhitungan CBR_{segmen}

Jumlah Titik Pengamatan	Nilai R
2	1,41
3	1,91
4	2,24
5	2,48
6	2,67
7	2,83
8	2,96
9	3,08
>10	3,18

(sumber : Silvia Sukirman, perkerasan Lentur Jalan Raya, 1995)

Contoh : Dari hasil pengamatan di sepanjang jalan diperoleh nilai CBR sebagai berikut : 2, 4, 5, 6, 7, 8, 6, 5, dan 3 %.

Penyelesaian:

$$CBR_{\text{segmen}} = (CBR_{\text{rata-rata}} - (CBR_{\text{maks}} - CBR_{\text{min}})) / R$$

$$CBR_{\text{rata-rata}} = (2+4+5+6+7+8+6+5+3)/9 = 5,111\%$$

$$CBR_{\text{segmen}} = 5,111\% - (8\% - 3\%) / 3,08 = 3,487\%$$

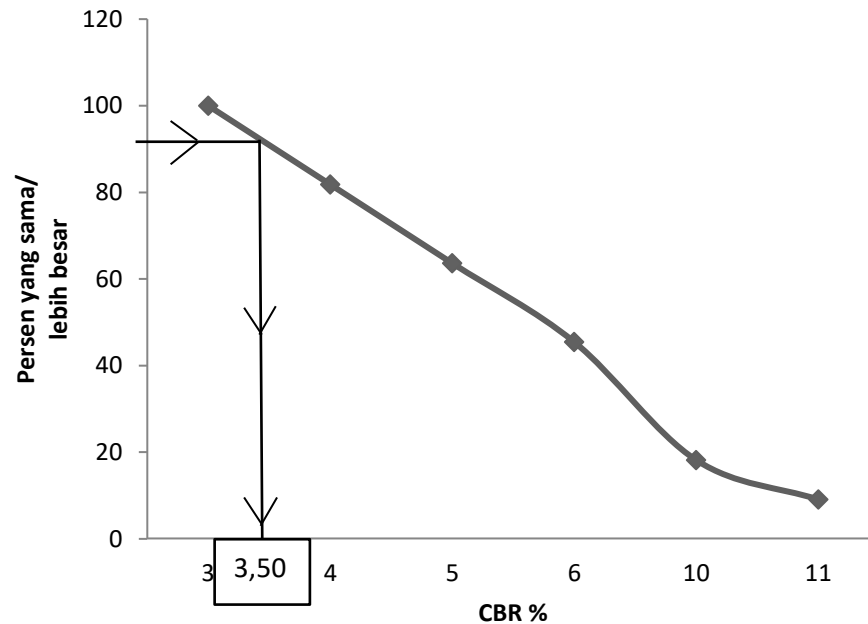
b. Cara Grafis

Prosedur secara grafis adalah sebagai berikut :

1. Tentukan nilai CBR yang terendah.
2. Tentukan berapa banyak nilai CBR yang sama atau lebih besar dari masing – masing nilai CBR kemudian disusun pada tabel, mulai dari CBR terkecil sampai terbesar.
3. Angka terbanyak diberi nilai 100%, angka yang lain merupakan presentase dari 100 %.
4. Dibuat grafik hubungan antara harga CBR dengan presentase nilai tadi.
5. Nilai CBR segmen adalah nilai pada keadaan 90%.

Contoh : Dari hasil pengamatan di sepanjang jalan diperoleh nilai CBR sebagai berikut : 4, 3, 3, 6, 6, 5, 11, 10, 6, 4, dan 6%.

CBR %	Jumlah yang sama / lebih besar	Persen yang sama / lebih besar
3	11	$\frac{11}{11} \times 100 \% = 100 \%$
4	9	$\frac{9}{11} \times 100 \% = 81,82 \%$
5	7	$\frac{7}{11} \times 100 \% = 63,64 \%$
6	5	$\frac{5}{11} \times 100 \% = 45,45 \%$
10	2	$\frac{2}{11} \times 100 \% = 18,18 \%$
11	1	$\frac{1}{11} \times 100 \% = 9,09 \%$



Grafik 2.1 CBR Cara Grafis

2.2 Klasifikasi Jalan

2.2.1 Klasifikasi Menurut Fungsi Jalan

Klasifikasi menurut fungsi jalan terdiri dari 4 golongan yaitu :

1. Jalan Arteri adalah jalan yang melayani angkutan utama dengan ciri-ciri perjalanan jarak jauh, kecepatan rata-rata tinggi, dan jumlah jalan masuk dibatasi secara efisien.
2. Jalan Kolektor adalah jalan yang melayani angkutan pengumpul atau pembagi dengan ciri-ciri perjalanan jarak sedang, kecepatan rata-rata sedang dan jumlah jalan masuk dibatasi.
3. Jalan Lokal adalah jalan yang melayani angkutan setempat dengan ciri-ciri perjalanan jarak dekat, kecepatan rata-rata rendah dan jumlah jalan masuk tidak dibatasi.

Jalan Lingkungan adalah jalan yang hanya melayani angkutan lingkungan dengan ciri-ciri jarak pendek dan kecepatan yang rendah.

2.2.2 Klasifikasi Menurut Kelas Jalan

Klasifikasi menurut kelas jalan berkaitan dengan kemampuan jalan untuk menerima beban lalu lintas yang dinyatakan dalam muatan terberat (MST) dalam satuan ton.

Tabel 2.1 Klasifikasi Jalan Antar Kota

Fungsi Jalan	Kelas Jalan	Muatan Sumbu Terberat (ton)
Arteri	I	> 10
	II	10
	III A	8
Kolektor	III A	8
	III B	
Lokal	III C	8

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya)

2.2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

Klasifikasi medan jalan ditentukan sebagai berikut :

- Medan jalan diklasifikasikan berdasarkan kondisi sebagian besar kemiringan medan yang diukur tegak lurus garis kontur.
- Klasifikasi menurut medan jalan untuk perencanaan geometrik dapat dilihat dalam tabel 2.2

Tabel 2.3 Klasifikasi Menurut Medan Jalan

No.	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	< 3
2	Perbukitan	B	3-25
3	Pegunungan	G	> 25

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya)

2.2.4 Klasifikasi Jalan Menurut Volume Lalu Lintas

Klasifikasi jalan menurut volume lalu lintas sesuai dengan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPCGR) No. 13 / 1970 sebagai berikut:

Tabel 2.3 Klasifikasi Menurut Volume Lalu Lintas

NNo.	Fungsi	Kelas	LHR dalam smp
11.	Utama	I	> 20.000
22.	Sekunder	II A II B II C	6.000 sampai 20.000 1.500 sampai 8.000 < 20.000
33.	Penghubung	III	-

(Sumber : Peraturan Perencanaan Geometri Jalan Raya)

a. Kelas I :

Kelas jalan ini mencakup semua kelas jalan utama dan dimaksudkan untuk dapat melayani lalu lintas cepat dan berat. Dalam kondisi lalu lintasnya tidak terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tak bermotor. Jalan raya dalam kelas jalan ini merupakan jalan-jalan raya berlajur banyak dengan konstruksi perkerasan dari jenis yang terbaik dalam arti tingginya tingkatan dalam pelayanan lalu lintas.

b. Kelas II :

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan sekunder. Dalam komposisi lalu lintas terdapat lalu lintas lambat. Kelas jalan ini, selanjutnya berdasarkan komposisi dan sifat lalu lintasnya, dibagi dalam tiga kelas, yaitu : II A, II B dan II C.

– Kelas II A

Jalan Kelas II A adalah jalan-jalan raya sekunder dua lajur atau lebih dengan konstruksi permukaan jalan dari sejenis aspal beton (*hot mix*) atau yang setaraf, dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan tidak bermotor. Untuk lalu lintas lambat disediakan jalur tersendiri.

– Kelas II B

Jalan Kelas II B adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi berganda atau yang setaraf dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat tanpa kendaraan tidak bermotor.

– Kelas II C

Jalan Kelas II C adalah jalan-jalan raya sekunder dua jalur dengan konstruksi permukaan jalan dari penetrasi tunggal dimana dalam komposisi lalu lintasnya terdapat kendaraan lambat dan kendaraan tidak bermotor.

c. Kelas III :

Kelas jalan ini mencakup semua jalan-jalan penghubung dan merupakan konstruksi jalan berjalur tunggal atau dua. Konstruksi permukaan jalan yang paling tinggi adalah peleburan dengan aspal.

Untuk melihat setiap kendaraan kedalam satuan mobil penumpang (smp), bagijalan-jalan di daerah datar digunakan koefisien di bawah ini sesuai dengan Peraturan Perencanaan Geometrik Jalan Raya (PPGJR) No. 13 / 1970 :

- Sepeda : 0,5
- Mobil Penumpang / Sepeda Motor : 1
- Truk Ringan (Berat Kotor < 5 Ton) : 2
- Truk Sedang (Berat Kotor > 5 Ton) : 2,5
- Bus : 3
- Truk Berat (Berat Kotor > 10 Ton) : 3
- Kendaraan Tak Bermotor : 7

Di daerah perbukitan dan pegunungan, koefisien untuk kendaraan bermotor diatas dapat dinaikkan, sedangkan untuk kendaraan tak bermotor tak perlu dihitung.

2.3 Kriteria Perencanaan Jalan

Dalam perencanaan jalan, bentuk geometrik jalan harus ditetapkan sedemikian rupa sehingga jalan dapat memberikan pelayanan yang optimal kepada arus lalu lintas sesuai dengan fungsinya.

Dalam perencanaan geometrik jalan terdapat 3 tujuan utama, yaitu :

1. Memberikan keamanan dan kenyamanan, seperti jarak pandang, ruang yang cukup bagi manuver kendaraan dan koefisien gesek permukaan jalan yang cukup.
2. Menjamin suatu perencanaan yang ekonomis.
3. Memberikan suatu keseragaman geometrik jalan sehubungan dengan jenis medan.

Berikut ini adalah parameter kendaraan yang direncanakan dalam perencanaan geometrik jalan antar lain :

2.3.1. Kendaraan Rencana

Kendaraan rencana adalah kendaraan yang dimensi dan radius putarnya dipakai sebagai acuan dalam perencanaan geometrik.

Kendaraan rencana dikelompokkan dalam 3 kategori, yaitu :

1. Kendaraan Ringan/Kecil adalah kendaraan yang mempunyai dua as dengan jarak as 2,0 – 3,0 meter. Meliputi mobil penumpang, mikrobus, *pick-up*.
2. Kendaraan Sedang adalah kendaraan yang mempunyai dua as gandar dengan jarak as 3,5 – 5,0 m. Meliputi bus kecil, truk dua as dengan enam roda.
3. Kendaraan Berat adalah bus dengan dua atau tiga gandar dengan jarak as 5,0 – 6,0 m

Tabel 2.5 Dimensi Kendaraan Rencana

Kategori Kendaraan Rencana	Dimensi Kendaraan (cm)			Tonjolan (cm)		Radius Putar		Radius Tonjolan (cm)
	Tinggi	Lebar	Panjang	Depan	Belakang	Minimum	Maksimum	
Kendaraan Kecil	130	210	580	90	150	420	730	780
Kendaraan Sedang	410	260	1210	210	240	740	1280	1410
Kendaraan Besar	410	260	2100	120	90	290	1400	1370

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, Ditjen Bina Marga, 1997)

2.3.2. Kecepatan Rencana

Kecepatan rencana pada suatu ruas jalan adalah kecepatan yang dipilih sebagai dasar perencanaan geometrik jalan yang memungkinkan kendaraan-kendaraan bergerak dengan aman dan nyaman dalam kondisi cuaca yang cerah, lalu lintas yang lengang, dan pengaruh samping jalan yang tidak berarti. Kecepatan yang dipilih tersebut adalah kecepatan tertinggi menerus dimana kendaraan dapat berjalan dengan aman dan keamanan itu sepenuhnya tergantung dari bentuk jalan.

Hampir semua rencana bagian jalan dipengaruhi oleh kecepatan rencana, baik secara langsung seperti : tikungan, jarak pandangan. Maupun secara tak langsung seperti : lebar lajur, lebar bahu, kebebasan melintang, dan lain-lain. Oleh karena itu pemilihan kecepatan rencana sangat mempengaruhi keadaan seluruh bagian-bagian jalan dan biaya untuk pelaksanaan jalan tersebut.

Faktor-faktor yang mempengaruhi besarnya kecepatan rencana adalah :

- Sifat fisik jalan dan keadaan medan sekitarnya
- Sifat dan tingkat penggunaan daerah
- Cuaca
- Batasan kecepatan yang diizinkan

- Adanya gangguan dari kendaraan lain

Kecepatan rencana inilah yang dipergunakan untuk perencanaan geometrik (alinyemen). Spesifikasi standar kecepatan masing-masing kendaraan sesuai dengan Klasifikasi Fungsi dan Klasifikasi Medan dapat ditetapkan pada tabel 2.6

Tabel 2.6 Kecepatan Rencana (V_r)

Fungsi	Kecepatan Rencana V_r , Km/Jam		
	Datar	Bukit	Pegunungan
Arteri	70 – 120	60 - 80	40 – 70
Kolektor	60 – 90	50 - 60	30 - 50
Lokal	40 – 70	30 - 50	20 - 30

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

2.4 Penentuan Trase Jalan

Dalam penentuan jalan harus ditentukan trase jalan yang harus ditetapkan sedemikian rupa, agar dapat memberikan pelayanan yang baik sesuai dengan fungsinya, serta mendapatkan keamanan dan kenyamanan bagi pemakainya. Perencanaan trase jalan sangat dipengaruhi oleh keadaan fisik dan topografi, serta peruntukan lahan yang dilaluinya.

Dalam kondisi normal, penentuan trase jalan sekaligus pemetaannya dilapangan, tidak terlalu banyak memerlukan perbaikan-perbaikan tanah, sehingga hanya terbatas pada pekerjaan galian dan timbunan.

Untuk membuat trase jalan yang baik dan ideal, maka harus memperhatikan syarat-syarat sebagai berikut :

1. Syarat Ekonomis
 - a. Penarikan trase jalan yang tidak terlalu banyak memotong kontur, sehingga dapat menghemat biaya dalam pelaksanaan pekerjaan galian dan timbunan nantinya.

- b. Penyediaan material dan tenaga kerja yang diharapkan tidak terlalu jauh dari lokasi proyek sehingga dapat menekan biaya.

2. Syarat Teknis

Syarat teknis adalah untuk mendapatkan jalan yang dapat memberikan rasa keamanan dan kenyamanan bagi pemakai jalan tersebut. Oleh karena itu perlu diperhatikan keadaan topografi tersebut, sehingga dapat dicapai perencanaan yang baik sesuai dengan keadaan daerah tersebut.

2.5 Alinyemen Horizontal

Alinyemen Horizontal adalah proyeksi sumbu jalan pada bidang horizontal. Alinyemen horizontal dikenal juga dengan nama situasi jalan atau trase jalan. Alinyemen horizontal terdiri dari garis-garis lengkung. Garis lengkung tersebut dapat terdiri dari busur lingkaran ditambah dengan lengkung peralihan atau busur-busur peralihan saja ataupun busur lingkaran saja. (Hamirhan Saodang, 2010)

Pada perencanaan alinyemen horizontal, umumnya akan ditemui dua jenis dari bagian jalan yaitu bagian lurus dan bagian lengkung (tikungan). Dalam perencanaan bagian jalan yang lurus dari suatu ruas jalan harus dapat ditempuh dalam waktu $\leq 2,5$ menit (sesuai V_r) dengan mempertimbangkan keselamatan pengemudi akibat kelelahan. Nilai panjang bagian lurus maksimum dapat dilihat pada tabel 2.7 di bawah ini :

Tabel 2.7 Panjang Bagian Lurus Maksimum

Fungsi Jalan	Panjang Bagian Lurus Maksimum (m)		
	Datar	Bukit	Gunung
Arteri	3000	2500	2000
Kolektor	2000	1750	1500

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometri Jalan Antar Kota No. 038/T/BM/1997)

Pada umumnya ada 3 jenis tikungan yang sering digunakan yaitu dapat dilihat di bawah ini :

1. *Full Circle* (FC)
2. *Spiral Circle Spiral* (SCS)
3. *Spiral Spiral* (SS)

2.5.1 Penentuan Golongan Medan

Berdasarkan perhitungan rata-rata dari ketinggian muka tanah lokasi rencana, maka dapat diketahui lereng melintang yang digunakan untuk menentukan golongan medan. Klasifikasi golongan medan dapat dilihat pada tabel 2.8 di bawah ini :

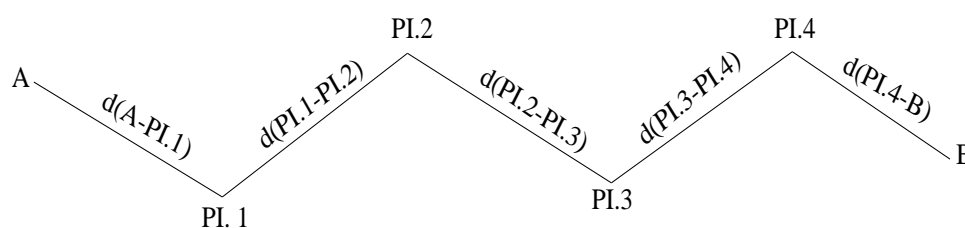
Tabel 2.8 Klasifikasi Golongan Medan

No	Jenis Medan	Notasi	Kemiringan Medan (%)
1	Datar	D	< 3
2	Perbukitan	B	3 – 25
3	Pegunungan	G	>25

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota, 1997)

2.5.2 Menentukan Koordinat dan Jarak

Penentuan titik – titik penting yang diperoleh dari pemilihan rencana alinyemen horizontal. Gambar koordinat dapat dilihat pada gambar 2.1 di bawah ini :



Gambar 2.1 Koordinat dan jarak

Titik penting yang perlu ditentukan koordinatnya adalah :

1. Titik awal proyek dengan simbol A
2. Titik PI.1, PI.2, PI.n sebagai titik potong dari kedua bagian lurus rencana alinyemen horizontal
3. Titik akhir proyek dengan simbol B

Rumus yang dipakai untuk menghitung jarak adalah :

$$d = \sqrt{(X1 - X2)^2 + (Y1 - Y2)^2} \dots\dots\dots (2.2)$$

Dimana : d = Jarak titik A ke titik PI.1

$X2$ = Koordinat titik PI.1 pada sumbu X

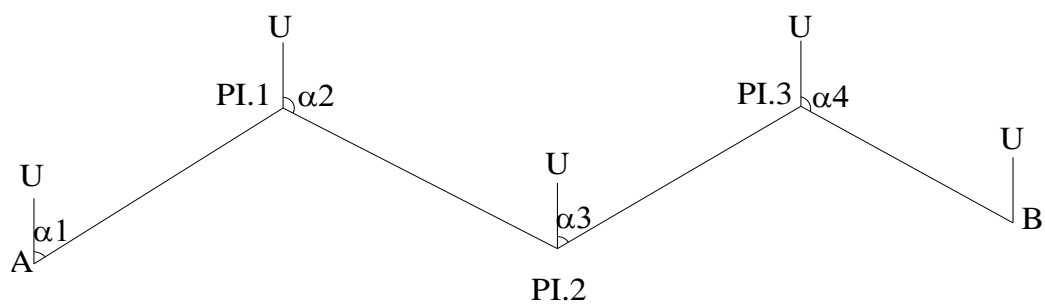
$X1$ = Koordinat titik A pada sumbu X

$Y2$ = Koordinat titik PI.1 pada sumbu Y

$Y1$ = Koordinat titik A pada sumbu Y

2.5.3 Menentukan Sudut Jurusan (α) dan Sudut *Bearing* (Δ)

Sudut jurusan (α) ditentukan berdasarkan arah utara. Gambar sudut jurusan dapat dilihat pada gambar 2.2 di bawah ini :



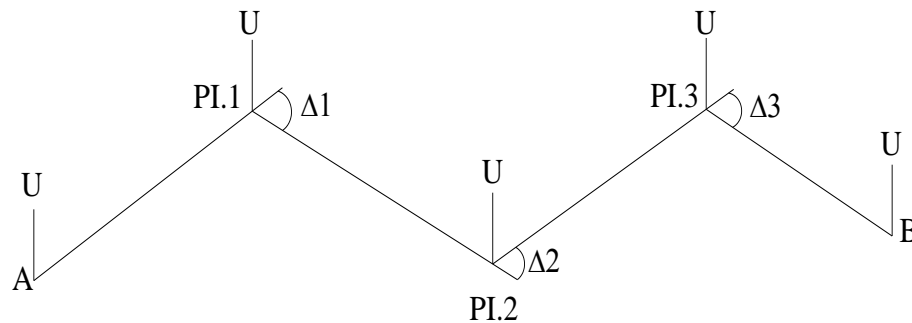
Gambar 2.2 Sudut Jurusan (α)

Sudut jurusan (α) dihitung dengan rumus :

$$\alpha = \arctan \frac{(X_{PI.1} - X_A)}{(Y_{PI.1} - Y_A)} \dots\dots\dots (2.3)$$

$$\Delta = 90 \arctan \frac{(Y_{PI.1} - Y_A)}{(X_{PI.1} - X_A)} \dots\dots\dots (2.4)$$

Sudut *Bearing* (Δ) diperoleh dalam menentukan tikungan. Gambar sudut bearing dapat dilihat pada gambar 2.3 di bawah ini :

Gambar 2.3 Sudut *Bearing* (Δ)

2.5.4 Tikungan

Bagian yang sangat kritis pada alinyemen horizontal adalah bagian tikungan, di mana terdapat gaya sentrifugal yang menyebabkan kendaraan tidak stabil. Atas dasar ini maka perencanaan tikungan agar dapat memberikan keamanan dan kenyamanan perlu mempertimbangkan hal-hal berikut :

1. Jari – jari lengkung minimum

Untuk menghindari terjadinya kecelakaan, maka untuk kecepatan tertentu ditentukan jari-jari minimum untuk superelevasi maksimum 10%. Nilai panjang jari - jari minimum dapat dilihat pada tabel 2.9 dibawah ini :

Tabel 2.9 Panjang Jari-Jari Minimum Untuk $e_{maks} = 10\%$

Vr (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Rmin (m)	600	370	280	110	80	50	30	15

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

2. Bentuk – bentuk tikungan

Suatu perencanaan garis lengkung maka perlu diketahui hubungan kecepatan rencana dengan kemiringan melintang jalan (superelevasi) karena garis lengkung yang direncanakan harus dapat mengurangi gaya sentrifugal secara berangsur-angsur mulai dari nol sampai nol kembali. Bentuk tikungan dalam perencanaan tersebut adalah

a. Tikungan *Full Circle*

Bentuk ini digunakan hanya pada tikungan dengan radius lengkung yang besar dan sudut tangen relatif kecil. Tikungan *full circle* memiliki sudut tikungan yang besar dan tidak memiliki lengkung peralihan. Dalam merencanakan tikungan harus memperhatikan hal-hal sebagai berikut :

1. Lengkung peralihan
2. Kemiringan melintang (superelevasi)
3. Pelebaran perkerasan jalan
4. Kebebasan samping

Jenis tikungan *full circle* ini merupakan jenis yang paling ideal ditinjau dari segi keamanan dan kenyamanan pengendara dan kendaraannya. Namun apabila ditinjau dari penggunaan lahan dan biaya pembangunannya yang relatif terbatas, jenis tikungan ini merupakan pilihan yang sangat mahal.

Adapun batasan dimana diperbolehkan menggunakan tikungan jenis *full circle* adalah sebagai berikut sesuai dengan tabel 2.10 dibawah ini:

Tabel 2.10 Jari – jari Minimum Yang Tidak Memerlukan Lengkung Peralihan

Vr (km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
Rmin (m)	2500	1500	900	500	350	250	130	60

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

Rumus – rumus yang digunakan pada tikungan full circle ini, yaitu :

$$T_c = R \tan \frac{1}{2}\Delta \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.5)$$

$$E_c = T \tan \frac{1}{4}\Delta \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.6)$$

$$L_c = \frac{\pi}{180} \Delta R \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.7)$$

Di mana : Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen ($^{\circ}$)

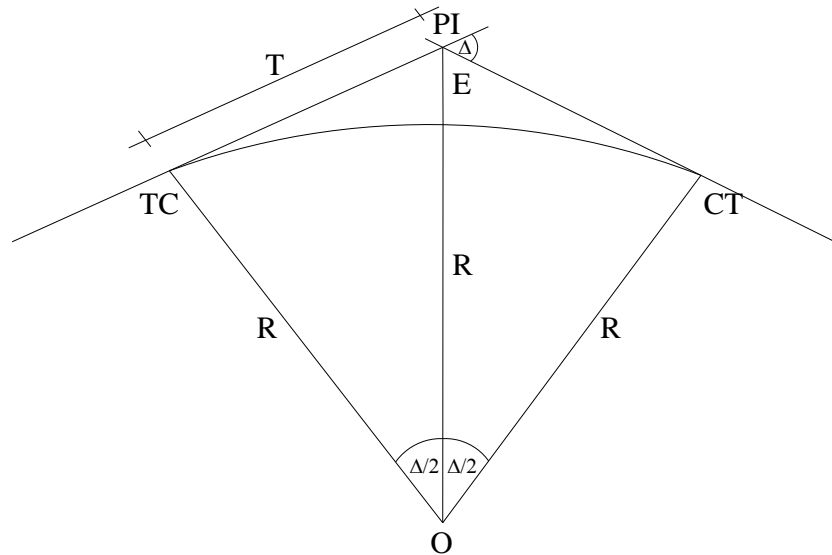
T_c = Panjang tangen dari TC ke PI atau PI ke CT (m)

R_c = Jari – jari lingkaran (m)

L_c = Panjang busur lingkaran (m)

E_c = Jarak luar dari PI ke busur lingkaran (m)

Bentuk tikungan *Full Circle* dapat dilihat pada gambar 2.4 di bawah ini :



Gambar 2.4 Tikungan *Full Circle*

Keterangan :

Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen ($^{\circ}$)

O = Titik pusat lingkaran

R_c = Jari-jari tikungan (m)

T = Jarak TC-PI atau PI-CT

E_c = Jarak PI ke puncak busur lingkaran (m)

L_c = Panjang lengkung (CT - TC), (m)

PI = Titik potong antara 2 garis tangen

b. Tikungan *Spiral – Circle – Spiral*

Bentuk tikungan dari bagian lurus ke circle yang panjangnya diperhitungkan dengan melihat perubahan gaya sentrifugal dari nol sampai ada nilai gaya sentrifugal.

Bentuk tikungan ini digunakan pada daerah – daerah perbukitan atau pegunungan, karena jenis tikungan ini memiliki lengkung peralihan

yang memungkinkan perubahan menikung tidak secara mendadak dan tikungan tersebut menjadi aman.

a. Lengkung Peralihan

Panjang lengkung peralihan, L_s menurut TPGJAK 1997 diambil nilai yang terbesar dari tiga persamaan di bawah ini :

1. Berdasarkan waktu tempuh maksimum (3 detik), untuk melintas lengkung peralihan, maka panjang lengkung :

$$L_s = \frac{V R}{3.6} T \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.8)$$

2. Berdasarkan antisipasi gaya sentrifugal, digunakan rumus sebagai berikut :

$$L_s = 0.022 \frac{VR^3}{R_c C} T - 2,272 \frac{VR-e}{c} \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.9)$$

3. Berdasarkan tingkat pencapaian perubahan kelandaian :

$$L_s = \frac{V R}{3.6 \Gamma_e} \Gamma_e \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.10)$$

Di mana :

T = Waktu tempuh (3 detik)

R_c = Jari – jari busur lingkaran (m)

C = Perubahan kecepatan 0,3-1,0 m/detik

Γ_e = Tingkat pencapaian perubahan kelandaian melintang jalan

Untuk $V \leq 70$ km/jam, $\Gamma_e = 0,035$ m/m/dt

Untuk $V \geq 80$ km/jam, $\Gamma_e = 0,025$ m/m/dt

b. Circle

Radius circle diambil berdasarkan kecepatan rencana dan tidak mengakibatkan kemiringan tikungan yang melebihi harga maksimum. Besar jari – jari minimum ditentukan berdasarkan rumus di bawah ini :

$$R = \frac{V^2}{127.(e + f_m)} \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.11)$$

Di mana : R = Jari-jari lengkung minimum (m)
 e = Kemiringan tikungan (%)
 fm = Koefisien gesek melintang maksimum
 V = kecepatan rencana (Km/jam)

Adapun harga fm tiap kecepatan seperti tercantum pada tabel 2.11 di bawah ini :

Tabel 2.11 Harga fm

V	30	40	60	80	100	120
fm	0.17125	0.1650	0.1525	0,14	0,1275	0.115

(Sumber : Geometrik jalan, Hamirhan Saodang 2010)

Rumus – rumus yang digunakan dalam menghitung perencanaan tikungan *spiral-circle-spiral* ini adalah :

$$Ts = (R+P) \tan \frac{1}{2}\Delta + k \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.12)$$

$$Es = \frac{R+P}{\cos \frac{1}{2}\Delta} - R \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.13)$$

$$L_{tot} = L_c + 2L_s \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.14)$$

$$L_c = \frac{\Delta}{360} \cdot 2\pi R \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.15)$$

$$2\theta_s = \frac{L_s}{2\pi R} \times 360 \quad (^\circ) \dots\dots\dots (2.16)$$

$$\Delta c = \Delta - 2 \cdot \theta_s \quad (^\circ) \dots\dots\dots (2.17)$$

$$p = Y_s - R(1 - \cos \theta_s) \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.18)$$

$$k = X_s - R \sin \theta_s \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.19)$$

$$Y_s = \frac{L_s^2}{6 \cdot R} \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.20)$$

$$X_s = \left(1 - \frac{L_s^2}{40 \cdot R^2} \right) \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.21)$$

Di mana :

X_s = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari TS ke SC (m)

Y_s = Ordinat titik SC pada titik tegak lurus pada titik tangen (m)

L_s = Panjang lengkung peralihan (m)

L_c = Panjang busur lingkaran (dari titik SC ke CS), (m)

T_s = Panjang tangen (dari titik PI ke TS atau ke ST), (m)

E_s = Jarak dari PI ke lingkaran (m)

R = Jari-jari lingkaran (m)

p = Pergeseran tangen terhadap spiral (m)

k = Absis dari p pada garis tangen spiral (m)

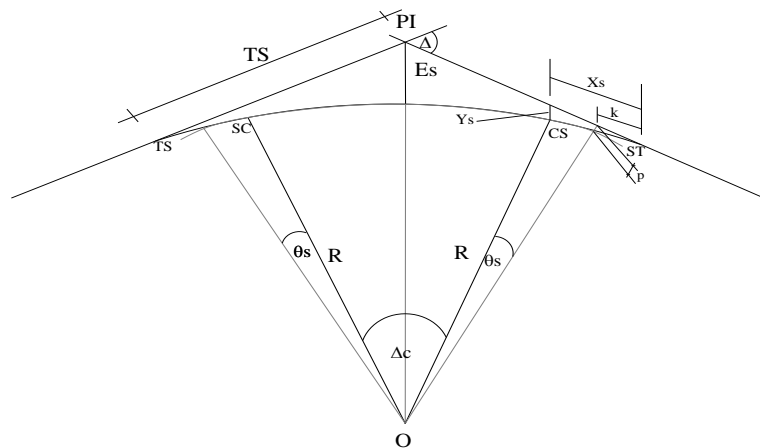
Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen ($^\circ$)

θ_s = Sudut lengkung spiral ($^\circ$)

Jika diperoleh $L_c < 25$ m, maka sebaiknya tidak digunakan untuk SCS, tetapi digunakan lengkung SS yaitu lengkung yang terdiri dari 2 lengkung peralihan. Jika p yang dihitung dengan rumus:

$p = L_s^2 / 24 \cdot R < 0.25$ maka digunakan tikungan jenis FC.

Bentuk tikungan *spiral-circle-spiral* dapat dilihat pada gambar 2.5 di bawah ini :



Gambar 2.5 Tikungan *Spiral-Circle-Spiral*

Keterangan :

X_s = Absis titik SC pada garis tangen, jarak dari TS ke SC

Y_s = Ordinat titik SC pada titik tegak lurus pada titik tangen

L_s = Panjang lengkung peralihan

L_c = Panjang busur lingkaran (dari titik SC ke CS)

T_s = Panjang tangen (dari titik PI ke TS atau ke ST)

- TS = Titik dari tangen ke spiral
 SC = Titik dari spiral ke tangen
 Es = Jarak dari PI ke lingkaran
 Rc = Jari-jari lingkaran
 p = Pergeseran tangen terhadap spiral
 k = Absis dari p pada garis tangen spiral
 Δ = Sudut tikungan atau sudut tangen
 θ_s = Sudut lengkung spiral

c. Tikungan *Spiral-spiral*

Bentuk *spiral-spiral* adalah lengkung yang hanya terdiri dari *spiral-spiral* saja tanpa adanya *circle* sehingga tidak memiliki jari-jari. Lengkung SS memiliki sudut tikungan yang relatif kecil. Jenis tikungan ini dipergunakan untuk tikungan yang tajam. Adapun rumus yang digunakan adalah sebagai berikut :

$$\theta_s = \frac{1}{2}\Delta, L_c = 0 \quad \dots\dots\dots (2.22)$$

$$L_s = \frac{\theta_s}{28,648} \cdot R \quad (m) \dots\dots\dots (2.23)$$

$$T_s = (R+P) \tan \frac{1}{2}\Delta + k \quad (m) \dots\dots\dots (2.24)$$

$$E_s = \frac{R+P}{\cos \frac{1}{2}\Delta} - R \quad (m) \dots\dots\dots (2.25)$$

$$L = 2 \cdot L_s \quad (m) \dots\dots\dots (2.26)$$

$$K = k^* \cdot L_s \quad \dots\dots\dots (2.27)$$

$$P = p^* \cdot L_s \quad \dots\dots\dots (2.28)$$

Tabel untuk menilai p dan k dapat dilihat pada tabel 2.12 di bawah ini :

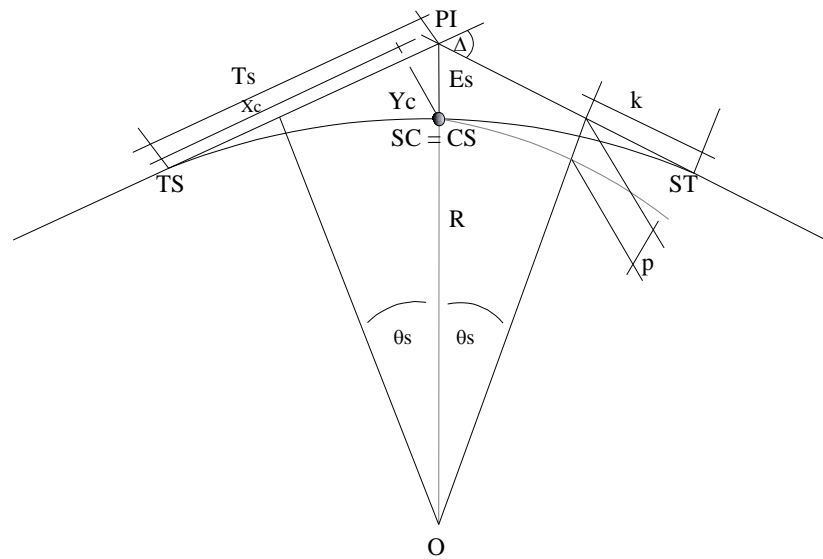
Tabel 2.12. Tabel untuk p dan k untuk $L_s = 1$

θ_s (°)	p*	k*	θ_s (°)	p*	k*
0,5	0,0007272	0,4999987	20,5	0,0307662	0,4977983
1,0	0,0014546	0,4999949	21,0	0,0315644	0,4976861
1,5	0,0021280	0,4999886	21,5	0,0323661	0,4975708
2,0	0,0029098	0,4999797	22,0	0,0331713	0,4974525

2,5	0,0036378	0,4999683	22,5	0,0339801	0,4973311
3,0	0,0043663	0,4999543	23,0	0,0347926	0,4972065
3,5	0,0050953	0,4999377	23,5	0,0356088	0,4970788
4,0	0,0058249	0,4999187	24,0	0,0364288	0,4969479
4,5	0,0065551	0,4998970	24,5	0,0372528	0,4968138
5,0	0,0072860	0,4998728	25,0	0,0380807	0,4966766
5,5	0,0080170	0,4998461	25,5	0,0389128	0,4965360
6,0	0,0087506	0,4998167	26,0	0,0397489	0,4963922
6,5	0,0094843	0,4997848	26,5	0,0405893	0,4962450
7,0	0,0102190	0,4997503	27,0	0,0414340	0,4960945
7,5	0,0109550	0,4997132	27,5	0,0422830	0,4959406
8,0	0,0116922	0,4996735	28,0	0,0431365	0,4957834
8,5	0,0124307	0,4996312	28,5	0,0439949	0,4956227
9,0	0,0131706	0,4995862	29,0	0,0448572	0,4954585
9,5	0,0139121	0,4995387	29,5	0,0457245	0,4952908
10,0	0,0146551	0,4994884	30,0	0,0465966	0,4951192
10,5	0,0153997	0,4994365	30,5	0,0474735	0,4949448
11,0	0,0161461	0,4993800	31,0	0,0483554	0,4947665
11,5	0,0168943	0,4993218	31,5	0,0492422	0,4945845
12,0	0,0176444	0,4992609	32,0	0,0501340	0,4943988
12,5	0,01839650	0,4991973	32,5	0,0510310	0,4942094
13,0	0,0191507	0,4991310	33,0	0,0519333	0,4940163
13,5	0,0199070	0,4990619	33,5	0,0528408	0,4938194
14,0	0,0206655	0,4989901	34,0	0,0537536	0,4936187
14,5	0,0214263	0,4989155	34,5	0,0546719	0,4934141
15,0	0,0221896	0,4988381	35,0	0,0555957	0,4932057
15,5	0,0229553	0,4987580	35,5	0,0565250	0,4929933
16,0	0,0237236	0,4986750	36,0	0,0574601	0,4927769
16,5	0,0244945	0,4985892	36,5	0,0584008	0,4925566
17,0	0,0252681	0,4985005	37,0	0,0593473	0,4923322
17,5	0,0260445	0,4984090	37,5	0,0602997	0,4921037
18,0	0,0268238	0,4983146	38,0	0,0612581	0,4918711
18,5	0,0276060	0,4982172	38,5	0,0622224	0,4916343
19,0	0,0283913	0,4981170	39,0	0,0631929	0,4913933
19,5	0,0291797	0,4980137	39,5	0,0641694	0,4911480
20,0	0,0299713	0,4979075	40,0	0,0651522	0,4908985

(Sumber : Peraturan perencanaan geometrik jalan raya, 1997)

Bentuk *spiral-spiral* dapat dilihat pada gambar 2.6 di bawah ini :



Gambar 2.6 Tikungan *Spiral-Spiral*

Keterangan :

Es = Jarak dari PI ke busur lingkaran

Ts = Panjang tangen dari titik PI ke titik TS atau titik ST

TS = Titik dari tangen ke spiral

SC = Titik dari tangen ke lingkaran

Rc = Jari-jari minimum

k = Absis dari p pada garis tangen spiral

p = Pergeseran tangen terhadap spiral

2.5.5 Kemiringan Melintang

Pada jalan lurus keadaan bergerak tanpa membutuhkan kemiringan melintang jalan. Tetapi agar air hujan yang jatuh ke atas permukaan jalan cepat mengalir ke samping dan masuk ke dalam selokan, maka dibuatkan kemiringan melintang jalan yang umum disebut sebagai kemiringan melintang normal. Besarnya kemiringan melintang normal ini sangat tergantung dari jenis lapis permukaan yang dipergunakan. Semakin kedap air muka jalan tersebut semakin landai kemiringan melintang jalan yang dibutuhkan, sebaiknya lapisan permukaan yang mudah dirembesi oleh air harus mempunyai kemiringan melintang jalan yang cukup besar. Sehingga

kerusakan konstruksi perkerasan dapat dihindari. Besarnya kemiringan melintang berkisar antara 2% - 4%.

2.5.6 Superelevasi

Penggambaran superelevasi dilakukan untuk mengetahui kemiringan jalan pada bagian tertentu yang berfungsi untuk mempermudah dalam pekerjaan atau pelaksanaan di lapangan. Superelevasi dicapai secara bertahap dari kemiringan normal (e_n) pada jalan yang lurus sampai kemiringan penuh (superelevasi) pada bagian lengkung.

Pada tikungan *Full Circle* (FC) karena lengkung hanya berbentuk busur lingkaran saja, maka pencapaian superelevasi dilakukan sebagian pada jalan lurus dan sebagian lagi pada bagian lengkung. Karena bagian lengkung peralihan itu sendiri tidak ada, maka panjang daerah pencapaian kemiringan disebut sebagai panjang peralihan fiktif (L_s'). Bina Marga menempatkan $\frac{3}{4} L_s'$ dibagian lurus (kiri TC atau kanan CT) dan $\frac{1}{4} L_s'$ ditempatkan di bagian lengkung (kanan TC atau kiri CT). Sedangkan AASHTO menempatkan $\frac{2}{3} L_s'$ di bagian lurus (kiri TC atau kanan CT) dan $\frac{1}{3} L_s'$ ditempatkan di bagian lengkung (kanan TC atau kiri CT).

Pada tikungan SCS, pencapaian superelevasi dilakukan secara linier mulai dari bentuk normal pada bagian lurus sampai bentuk superelevasi penuh pada bagian akhir lengkung peralihan SC. Pada tikungan SS, pencapaian superelevasi seluruhnya dilakukan pada bagian spiral. Superelevasi tidak diperlukan jika jari-jari (R) cukup besar untuk itu cukup lereng luar diputar sebesar lereng normal (LP) atau bahkan tetap dipertahankan sebesar lereng normal (LN). Untuk nilai panjang lengkung peralihan minimum dan superelevasi dapat dilihat pada tabel 2.13 di bawah ini :

Tabel 2.13 Panjang Lengkung Peralihan Minimum dan Superelevasi yang dibutuhkan ($e_{maks} = 10\%$, metode Bina Marga)

D (°)	R (m)	V = 50 km/jam		V = 60km/jam		V = 70 km/jam		V = 80 km/jam		V = 90 km/jam	
		e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls	e	Ls
0,250	5730	LN	45	LN	50	LN	60	LN	70	LN	75
0,500	2865	LN	45	LN	50	LP	60	LP	70	LP	75
0,750	1910	LN	45	LP	50	LP	60	0,020	70	0,025	75
1,000	1432	LP	45	LP	50	0,021	60	0,027	70	0,033	75
1,250	1146	LP	45	LP	50	0,025	60	0,033	70	0,040	75
1,500	955	LP	45	0,023	50	0,030	60	0,038	70	0,047	75
1,750	819	LP	45	0,026	50	0,035	60	0,044	70	0,054	75
2,000	716	LP	45	0,029	50	0,039	60	0,049	70	0,060	75
2,500	573	0,026	45	0,036	50	0,047	60	0,059	70	0,072	75
3,000	477	0,030	45	0,042	50	0,055	60	0,068	70	0,081	75
3,500	409	0,035	45	0,048	50	0,062	60	0,076	70	0,089	75
4,000	358	0,039	45	0,054	50	0,068	60	0,082	70	0,095	75
4,500	318	0,043	45	0,059	50	0,074	60	0,088	70	0,099	75
5,000	286	0,048	45	0,064	50	0,079	60	0,093	70	0,100	75
6,000	239	0,055	45	0,073	50	0,088	60	0,098	70	Dmaks = 5,12	
7,000	205	0,062	45	0,080	50	0,094	60	Dmaks = 6,82			

8,000	179	0,068	45	0,086	50	0,098	60
9,000	159	0,074	45	0,091	60	0,099	60
10,000	143	0,079	45	0,095	60	Dmaks = 9,12	
11,000	130	0,083	45	0,098	60		
12,000	119	0,087	45	0,100	60		
13,000	110	0,091	50	Dmaks = 12,79			
14,000	102	0,093	50				
15,000	95	0,096	50				
16,000	90	0,097	50				
17,000	84	0,099	60				
18,000	80	0,099	60				
19,000	75	Dmaks = 18,85					

(Sumber : Dasar-dasar Perencanaan Geometrik Jalan, Nova)

Keterangan :

1. Potongan II, pada kondisi ini, bagian sisi luar sudah bergerak keatas dari posisi awal seperti pada potongan I menjadi rata (datar) dengan kemiringan sebesar 0%. Dengan demikian bentuk permukaan jalan menjadi rata sebelah.
2. Potongan III, bagian sisi luar tikungan terus bergerak keatas sehingga akhirnya segaris (satu kemiringan) dengan sisi dalam. Besarnya kemiringan tersebut menjadi sebesar kemiringan normal.
3. Potongan IV, baik sisi luar maupun sisi dalam tikungan sama-sama bergerak naik sehingga mencapai kemiringan sebesar kemiringan maksimum yang ditetapkan pada tikungan tersebut. Kondisi seperti ini akan bertahan sampai sepanjang lengkung circle (khusus tikungan SS hanya pada satu titik), yaitu sampai titik CS. Setelah melewati titik CS, maka bentuk potongan berangsur-angsur

kembali kebentuk potongan III selanjutnya ke potongan II dan akhirnya kembali lagi kebentuk potongan I, yakni bentuk normal.

2.5.7 Perlebaran Perkerasan Jalan Pada Tikungan

Pelebaran perkerasan pada tikungan direncanakan untuk menghindari kendaraan yang bergerak dari jalan lurus menuju ke tikungan tidak mengalami off tracking (keluar jalur) tepatnya lintasan roda belakang pada saat membelok.

Pelebaran pada tikungan dimaksudkan untuk mempertahankan konsistensi geometrik jalan agar kondisi operasional lalu lintas di tikungan sama dengan di bagian lurus. Pada jalan dua lajur sebaiknya terdapat pelebaran jalan, terutama pada tikungan tajam karena hal-hal sebagai berikut:

1. Kecenderungan pengemudi terlempar keluar dari tepi perkerasan.
2. Meningkatkan lebar efektif kendaraan karena ban depan dan belakang tidak melintasi satu garis.
3. Pertambahan lebar karena posisi kendaraan yang miring terhadap as jalan.

Pelebaran jalan di tikungan menurut Bina Marga mempertimbangkan sebagai berikut:

1. Kesulitan pengemudi untuk menempatkan kendaraan tetap pada lajurnya.
2. Penambahan lebar (ruang) lajur yang dipakai saat kendaraan melakukan gerakan melingkar. Dalam segala hal pelebaran di tikungan harus memenuhi gerak berputar kendaraan rencana sedemikian sehingga proyeksi kendaraan tetap pada lajurnya.
3. Pelebaran di tikungan ditentukan oleh radius belok kendaraan rencana.

Adapun rumus-rumus yang digunakan untuk perhitungan pelebaran jalan pada tikungan menurut buku dasar-dasar geometrik jalan (Silvia Sukirman) sebagai berikut :

$$B = \sqrt{(\sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25)^2 + 64} - \sqrt{Rc^2 - 64} + 1,25 \text{ (m)} \dots\dots\dots (2.29)$$

Di mana : B = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam (m)

R_c = Radius lengkung untuk lintasan luar roda depan

Di mana nilai radius lengkung untuk lintasan luar roda depan (R_c) dapat dicari dengan menggunakan rumus dibawah ini :

$$R_c = R - \frac{1}{4} B_n + \frac{1}{2} b \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.30)$$

Di mana : R = Jari-jari busur lingkaran pada tikungan (m)

B_n = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

b = Lebar kendaraan rencana (m)

$$B_t = n (B + C) + Z \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.31)$$

Di mana : n = Jumlah jalur lalu lintas

B = Lebar perkerasan yang ditempati satu kendaraan di tikungan pada lajur sebelah dalam (m)

C = Lebar kebebasan samping di kiri dan kanan kendaraan 1,0 m

Z = Lebar tambahan akibat kesukaran mengemudi di tikungan (m)

Adapun rumus untuk menghitung tambahan lebar perkerasan di tikungan sebagai berikut :

$$\Delta b = B_t - B_n \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.32)$$

$$Z = 0,015 \frac{V}{\sqrt{R}} \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.33)$$

Di mana : Δb = Tambahan lebar perkerasan di tikungan (m)

B_n = Lebar total perkerasan pada bagian lurus (m)

V = Kecepatan rencana (Km/jam)

R = Jari-jari tikungan

2.5.8 Jarak Pandang

Jarak pandang adalah suatu jarak yang diperlukan oleh seorang pengemudi pada saat mengemudi sedemikian rupa, sehingga jika pengemudi melihat suatu halangan yang membahayakan maka pengemudi

dapat melakukan sesuatu (antisipasi) untuk menghindari bahaya tersebut dengan aman.

Banyaknya penghalang-penghalang yang mungkin terjadi dan sifat-sifat yang berbeda dari masing-masing penghalang mengakibatkan sebaiknya setiap faktor yang menimbulkan halangan tersebut ditinjau sendiri-sendiri.

Syarat jarak pandang yang diperlukan dalam perencanaan jalan raya ditunjukkan untuk mendapatkan keamanan yang setinggi-tingginya bagi lalu lintas. Adapun jarak-jarak pandang tersebut adalah :

a. Jarak Pandang Henti

Jarak pandang henti adalah jarak pandang minimum yang diperlukan pengemudi untuk menghentikan kendaraan yang sedang berjalan setelah melihat adanya rintangan pada jalur yang dilaluinya.

Jarak pandang henti diformulasikan dengan berdasar asumsi : tinggi mata pengemudi 105 cm dan tinggi halangan 15 cm diatas permukaan jalan. Jarak pandang henti (J_h) dalam satuan meter untuk jalan datar dapat dihitung dengan rumus :

$$J_h = 0,694 V_r + 0,004 \frac{V_r^2}{f_p} \dots\dots\dots (2.34)$$

Di mana :

V_r = Kecepatan rencana (Km/jam)

f_p = Koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35 – 0,55

Rumus untuk menghitung jalan dengan kelandaian tertentu adalah sebagai berikut :

$$J_h = 0,694 V_r + 0,004 \frac{V_r^2}{f_p \pm L} \dots\dots\dots (2.35)$$

Di mana :

J_h = Jarak pandang henti (m)

V_r = Kecepatan rencana (Km/jam)

f_p = Koefisien gesek memanjang perkerasan jalan aspal, ditetapkan 0,35 – 0,55

L = Landai jalan dalam (%) dibagi 100

Nilai jarak pandang henti (J_h) minimum dapat dilihat berdasarkan nilai

V_r pada tabel 2.14 dibawah ini :

Tabel 2.14 Jarak Pandang Henti Minimum

V_r (Km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
J_h minimum (m)	250	175	120	75	55	40	27	16

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

b. Jarak pandang mendahului (J_d)

Jarak pandang mendahului adalah jarak yang memungkinkan suatu kendaraan mendahului kendaraan lain didepannya dengan aman sampai kendaraan tersebut kembali ke lajur semula. Jarak pandang mendahului diukur berdasarkan asumsi bahwa tinggi mata pengemudi adlah 105 cm dan tinggi halangan 105 cm. Jarak pandang mendahului sesuai dengan V_r dapat dilihat pada tabel 2.15 dibawah ini :

Tabel 2.15 Jarak Pandang Mendahului Berdasarkan V_r

V_r (Km/jam)	120	100	80	60	50	40	30	20
J_d (m)	800	670	550	350	250	200	150	100

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

Jarak pandang mendahului (J_d), dalam satuan meter ditentukan sebagai berikut :

$$J_d = d_1 + d_2 + d_3 + d_4 \quad \dots\dots\dots (2.36)$$

Dimana :

d_1 = jarak yang ditempuh selama waktu tanggap (m)

d_2 = jarak yang ditempuh selama mendahului sampai dengan kembali ke lajur semula (m)

d_3 = jarak antara kendaraan yang mendahului dengan kendaraan yang datang dari arah berlawanan setelah proses mendahului selesai (m)

d_4 = jarak yang ditempuh oleh kendaraan yang datang dari arah berlawanan (m)

Adapun rumusan estimasi d_1 , d_2 , d_3 , dan d_4 adalah sebagai berikut :

$$d_1 = 0,278 T_1 \left\{ V_r - m + \frac{a \cdot T_1}{2} \right\} \dots\dots\dots (2.37)$$

$$d_2 = 0,278 \cdot V_r \cdot T_2 \dots\dots\dots (2.38)$$

$$d_3 = \text{antara } 30 - 100 \text{ m}$$

$$d_4 = \frac{2}{3} d_2 \dots\dots\dots (2.39)$$

Di mana :

T_1 = Waktu dalam (detik), (2,12 + 0,026 V_r)

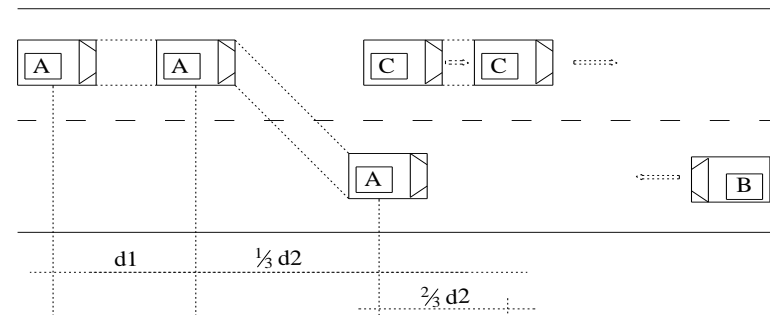
T_2 = Waktu kendaraan di jalur lawan (detik), (6,65 + 0,048 V_r)

a = Percepatan rata-rata (km/jam/detik), (2,056 + 0,0036 V_r)

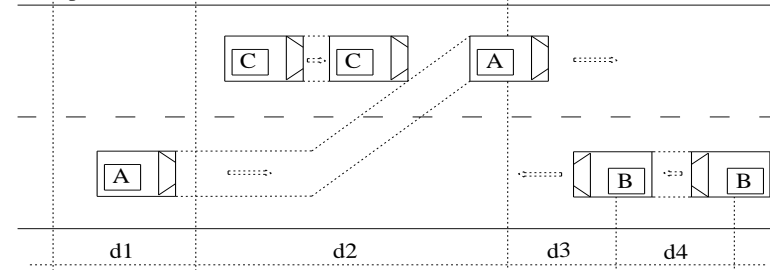
m = Perbedaan kecepatan dari kendaraan yang mendahului dan kendaraan yang didahului (biasanya diambil 10 – 15 km/jam)

Berikut adalah gambar 2.10 jarak pandang mendahului di bawah ini :

Tahap Pertama



Tahap Kedua



A = Kendaraan yang mendahului

B = Kendaraan yang berlawanan arah

C = Kendaraan yang didahului kendaraan A

Gambar 2.10 Jarak Pandang Mendahului

2.5.9 Kebebasan samping pandang tikungan

Sesuai dengan panjang jarak pandangan yang dibutuhkan baik jarak pandangan henti maupun jarak pandangan menyiap, maka pada tikungan perlu diadakan jarak kebebasan samping. Jarak kebebasan samping ini merupakan jarak yang diukur dari suatu as jalan ke suatu penghalang pandangan, misalnya bangunan, kaki bukit, pohon dan hutan.

Apabila kondisi medan mengijinkan, maka penerapan kebebasan samping sangat membantu meningkatkan keamanan dan kenyamanan kendaraan yang melintasi tikungan tersebut. Akan tetapi apabila kondisi medan sudah tidak mengijinkan, kebebasan samping boleh ditiadakan dengan syarat diganti dengan pemasangan rambu-rambu peringatan sehubungan dengan kecepatan yang diijinkan.

Daerah bebas samping di tikungan adalah ruang untuk menjamin kebebasan pandang di tikungan sehingga J_h dipenuhi. Daerah bebas samping dimaksudkan untuk memberikan kemudahan pandangan di tikungan dengan membebaskan objek-objek penghalang sejauh E (m), yang diukur dari garis tengah lajur dalam sampai ke objek penghalang pandangan sehingga memenuhi persyaratan J_h .

Daerah bebas samping di tikungan dihitung berdasarkan rumus-rumus sebagai berikut :

a. Jika $J_h < L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right) \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.40)$$

Di mana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

R' = Jari-jari tikungan (m)

J_h = Jarak pandang henti (m)

L_t = Panjang tikungan (m)

Tabel penentuan nilai E dapat dilihat pada tabel 2.16 dibawah ini :

Tabel 2.16 Nilai E untuk $J_h < L_t$

R (m)	$V_r = 20$	30	40	50	60	80	100	120
	$J_h = 16$	27	40	55	75	120	175	250
5000								1,6
3000								2,6
2000							1,9	3,9
1500							2,6	5,2
1200						1,5	3,2	6,5
1000						1,8	3,8	7,8
800						2,2	4,8	9,7
600						3,0	6,4	13,0
500						3,6	7,6	15,5
400					1,8	4,5	9,5	$R_{min}=$
300					2,3	6,0	$R_{min}=$	500
250				1,5	2,8	7,2	350	
200				1,9	3,5	$R_{min}=$		
175				2,2	4,0	210		
150				2,5	4,7			
130			1,5	2,9	5,4			
120			1,7	3,1	5,8			
110			1,8	3,4	$R_{min}=$			
100			2,0	3,8	115			
90			2,2	4,2				
80			2,5	2,7				
70		1,5	2,8	$R_{min}=$				
60		1,8	3,3	80				
50		2,3	3,9					
40		3,0	$R_{min}=$					
30		$R_{min}=$	50					

20	1,6	30						
15	2,1							
	$R_{\min}=15$							

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

b. Jika $J_h > L_t$

$$E = R' \left(1 - \cos \frac{28,65 J_h}{R'} \right) + \left(\frac{J_h - L_t}{2} \sin \frac{28,65 J_h}{R'} \right) \dots\dots\dots (2.41)$$

Di mana :

E = Jarak bebas samping (m)

R = Jari-jari tikungan (m)

R' = Jari-jari tikungan (m)

J_h = Jarak pandang henti (m)

L_t = Panjang tikungan (m)

Tabel penentuan nilai E dapat dilihat pada tabel 2.17 di bawah ini :

Tabel 2.17 Nilai E untuk $J_h > L_t$

R (m)	$V_r = 20$	30	40	50	60	80	100	120
	$J_h = 16$	27	40	55	75	120	175	250
6000								1,6
5000								1,9
3000							1,6	3,1
2000							2,5	4,7
1500						1,5	3,3	6,2
1200						2,1	4,1	7,8
1000						2,5	4,9	9,4
800					1,5	3,2	6,1	11,7
600					2,0	4,2	8,2	15,6
500					2,3	5,1	9,8	18,6
400				1,8	2,9	6,4	12,2	$R_{\min}=$
300			1,5	2,4	3,9	8,5	$R_{\min}=$	500
250			1,8	2,9	4,7	10,1	350	

200			2,2	3,6	5,8	$R_{min}=$		
175		1,5	2,6	4,1	6,7	210		
150		1,7	3,0	4,8	7,8			
130		2,0	3,5	5,5	8,9			
120		2,2	3,7	6,0	9,7			
110		2,4	4,1	6,5	$R_{min}=$			
100		2,6	4,5	7,2	115			
90	1,5	2,9	5,0	7,9				
80	1,6	3,2	5,6	8,9				
70	1,9	3,7	6,4	$R_{min}=$				
60	2,2	4,3	7,4	80				
50	2,6	5,1	8,8					
40	3,3	6,4	$R_{min}=50$					
30	4,4	8,4						
20	6,4	$R_{min}=$						
15	8,4	30						
	$R_{min}=15$							

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

2.6 Alinyemen Vertikal

Alinyemen vertikal adalah perpotongan bidang vertikal dengan bidang permukaan perkerasan jalan melalui sumbu jalan untuk jalan 2 lajur 2 arah atau melalui tepi masing-masing perkerasan untuk jalan dengan median.

Perencanaan alinyemen vertikal dipengaruhi oleh besarnya biaya pembangunan yang tersedia. Alinyemen vertikal yang mengikuti muka tanah asli akan mengurangi pekerjaan tanah, tetapi mungkin saja akan mengakibatkan jalan itu terlalu banyak mempunyai tikungan. Tentu saja hal ini belum tentu sesuai dengan persyaratan yang diberikan sehubungan dengan fungsi jalannya.

Muka jalan sebaiknya diletakkan sedikit diatas muka tanah asli sehigga memudahkan dalam pembuatan drainase jalannya, terutama di daerah yang datar. Pada daerah yang seringkali di landa banjir sebaiknya penampang memanjang jalan diletakkan diatas elevasi muka banjir. Di daerah perbukitan atau pergunungan di usahakan banyaknya pekerjaan galian seimbang dengan pekerjaan timbunan, sehingga secara keseluruhan biaya yang dibutuhkan tetap dapat dipertanggung jawabkan.

Perlu pula diperhatikan bahwa alinyemen vertikal yang direncanakan itu akan berlaku untuk masa panjang, sehingga sebaiknya alinyemen vertikal yang dipilih tersebut dapat dengan mudah mengikuti perkembangan lingkungan.

Alinyemen vertikal disebut juga penampang memanjang jalan yang terdiri dari garis-garis lurus dan garis-garis lengkung. Garis lurus tersebut dapat datar, mendaki, menurun, dan biasa disebut landai dengan dinyatakan persen.

2.6.1 Kelandaian Minimum

Lereng melintang jalan hanya cukup untuk mengalirkan air hujan yang jatuh di badan jalan, sedangkan untuk membuat kemiringan dasar saluran samping, yang berfungsi membuang air permukaan sepanjang jalan diperlukan suatu kelandaian minimum. Dalam menentukan landai minimum ini terdapat dua tinjauan, yaitu :

1. Kepentingan lalu lintas, yang ideal 0%
2. Kepentingan drainase, yang ideal jalan berlandai

Dari tinjauan tersebut, maka dalam perencanaan alinyemen vertikal sangat dianjurkan :

- Landai datar, untuk jalan di atas timbunan tanpa kerb.
- Landai 0,15%, untuk jalan di atas timbunan, medan datar dengan kerb.
- Landai min 0,3 - 0,5%, untuk jalan pada daerah galian dengan kerb.

2.6.2 Kelandaian Maksimum

Kelandaian maksimum yang ditetapkan untuk berbagai variasi kecepatan rencana dimaksudkan agar kendaraan dapat bergerak terus tanpa kehilangan kecepatan yang berarti. Kelandaian maksimum hanya digunakan bila pertimbangan biaya pembangunan sangat memaksa dan hanya untuk jarak pendek. Untuk nilai kelandaian maksimum dapat dilihat pada tabel 2.18 di bawah ini :

Tabel 2.18 Landai Maksimum

Vr (km/jam)	120	110	100	80	60	50	40	< 40
Kelandaian Maksimum (%)	3	3	4	5	8	9	10	10

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

2.6.3 Panjang kritis suatu kelandaian

Panjang kritis landai adalah panjang kelandaian yang mengakibatkan pengurangan kecepatan kendaraan tidak lebih dari separuh kecepatan rencananya. Lama perjalanan pada panjang kritis tidak lebih dari 1 menit. Tabel panjang kritis dapat dilihat pada tabel 2.19 di bawah ini :

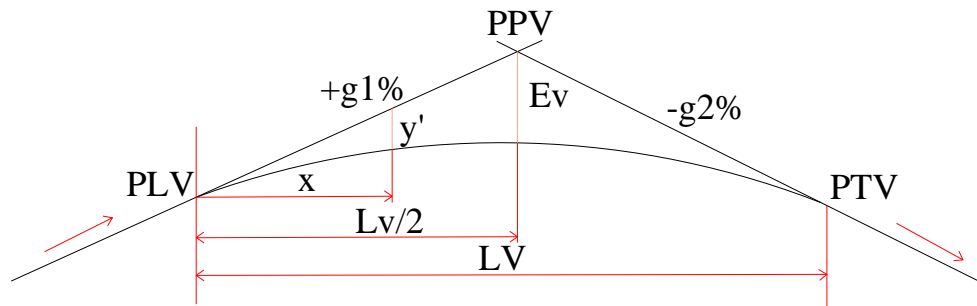
Tabel 2.19 Panjang Kritis

Kecepatan pada awal tanjakan (km/jam)	Kelandaian (%)						
	4	5	6	7	8	9	10
80	630	460	360	270	230	230	200
60	320	210	160	120	110	90	80

(Sumber : Tata Cara Perencanaan Geometrik Jalan Antar Kota No.038/T/BM/1997)

2.6.4 Lengkung Vertikal

Lengkung vertikal adalah garis yang menghubungkan antara dua kelandaian arah memanjang jalan agar tidak terjadi patahan, yang bertujuan untuk memenuhi keamanan, nyaman bagi pengguna jalan serta penyediaan drainase yang baik. Gambar lengkung vertikal dapat dilihat pada gambar 2.11 dibawah ini :



Gambar 2.11 Lengkung Vertikal

Kelandaian menaik diberi tanda (+) dan kelandaian menurun diberi tanda (-). Ketentuan pendakian atau penurunan ditinjau dari kiri ke kanan. Dari gambar diatas, besarnya defleksi (y') antara garis kemiringan (tangen) dan garis lengkung dapat dihitung dengan rumus :

$$y' = \frac{(g_2 - g_1)}{200 \cdot L_v} x^2 \quad (\text{m}) \dots\dots\dots (2.42)$$

Di mana :

- x = Jarak horizontal dari titik PLV ke titik yang ditinjau (m)
- y' = Besarnya penyimpangan (jarak vertikal) antara garis kemiringan dengan lengkung (m)
- g_1, g_2 = Besar kelandaian (kenaikan/penurunan), (%)
- L_v = Panjang lengkung vertikal (m)

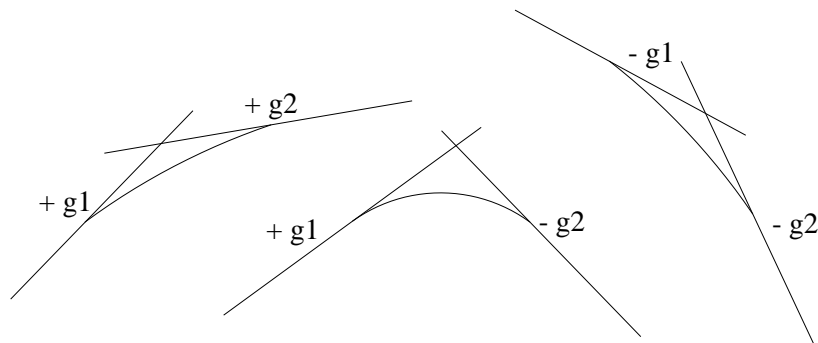
Untuk $x = \frac{1}{2} L_v$, maka $y' = E_v$ dirumuskan sebagai berikut :

$$E_v = \frac{(g_2 - g_1)L_v}{800} \dots\dots\dots (2.43)$$

Lengkung vertikal terbagi menjadi 2 macam, yaitu :

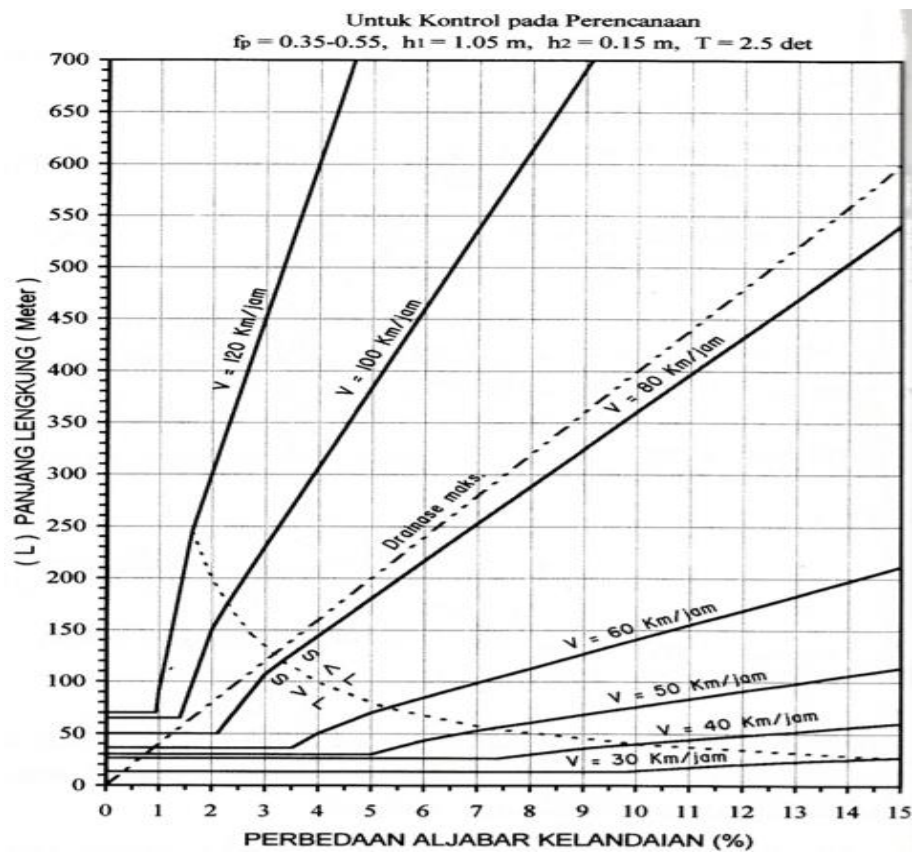
a. Lengkung vertikal cembung

Lengkung vertikal cembung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di atas permukaan jalan yang bersangkutan. Gambar lengkung vertikal cembung dapat dilihat pada gambar 2.12 di bawah ini :

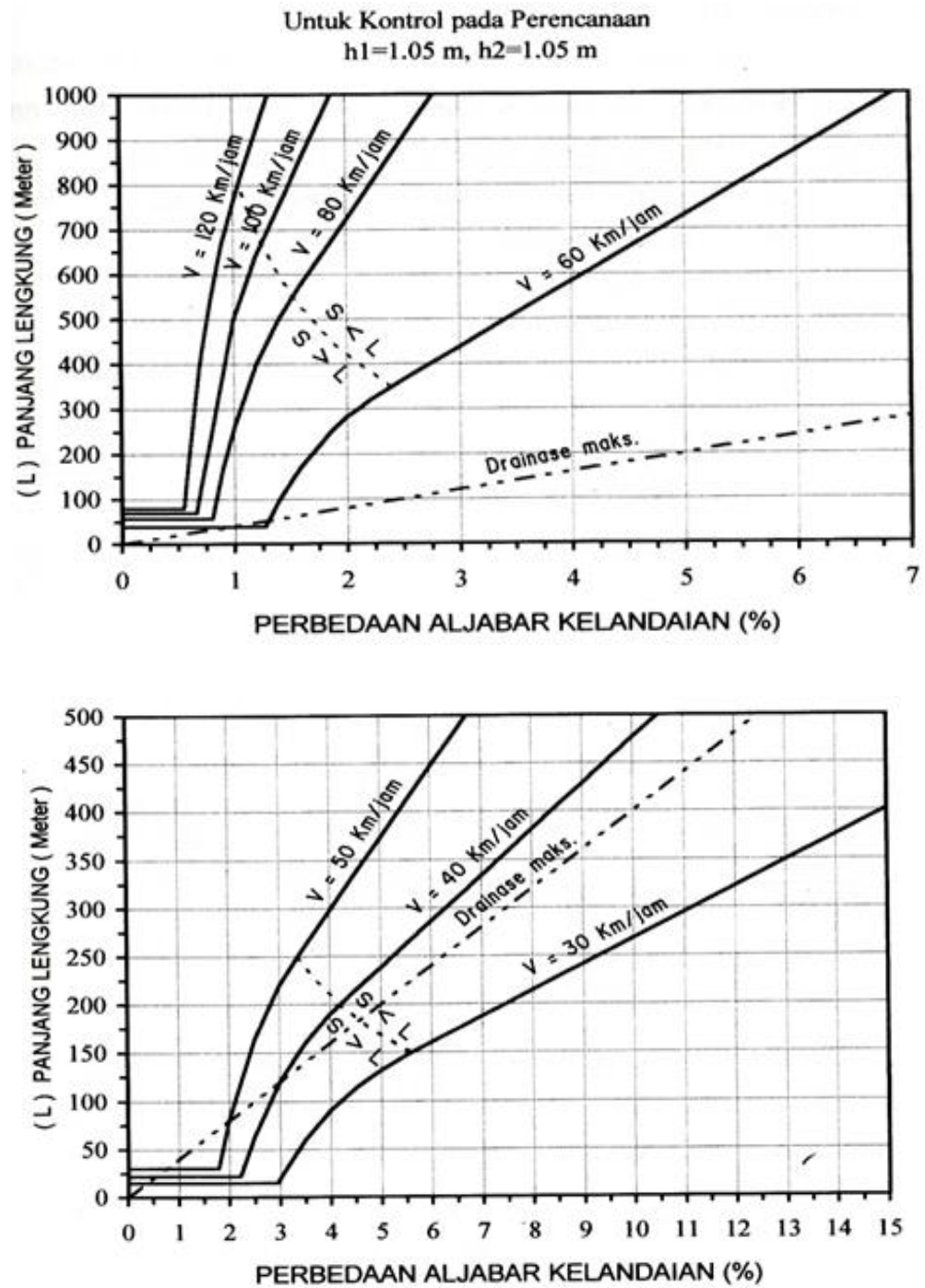


Gambar 2.12 Alinyemen Vertikal Cembung

Untuk menentukan panjang lengkung vertikal cembung (L_v) dapat juga ditentukan berdasarkan grafik pada gambar 2.13 (untuk jarak pandang henti) dan grafik pada gambar 2.14 (untuk jarak pandang menyiap) di bawah ini :



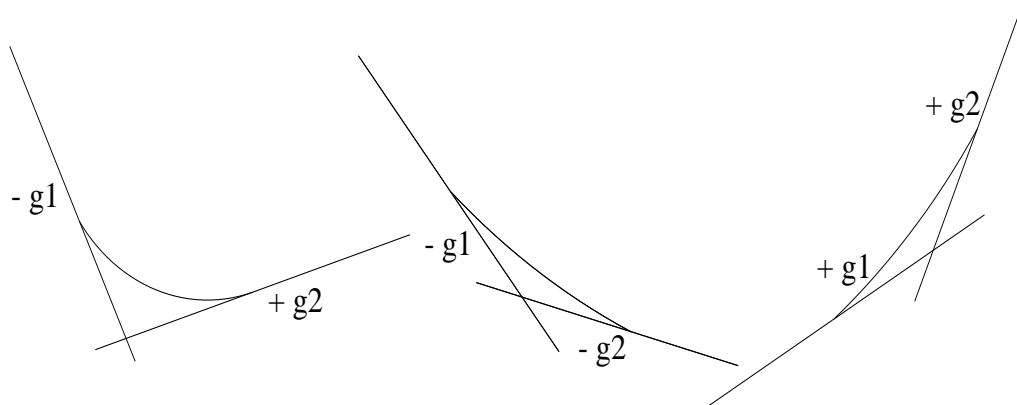
Gambar 2.13 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Henti (J_h)



Gambar 2.14 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cembung Berdasarkan Jarak Pandang Mendahului (J_d)

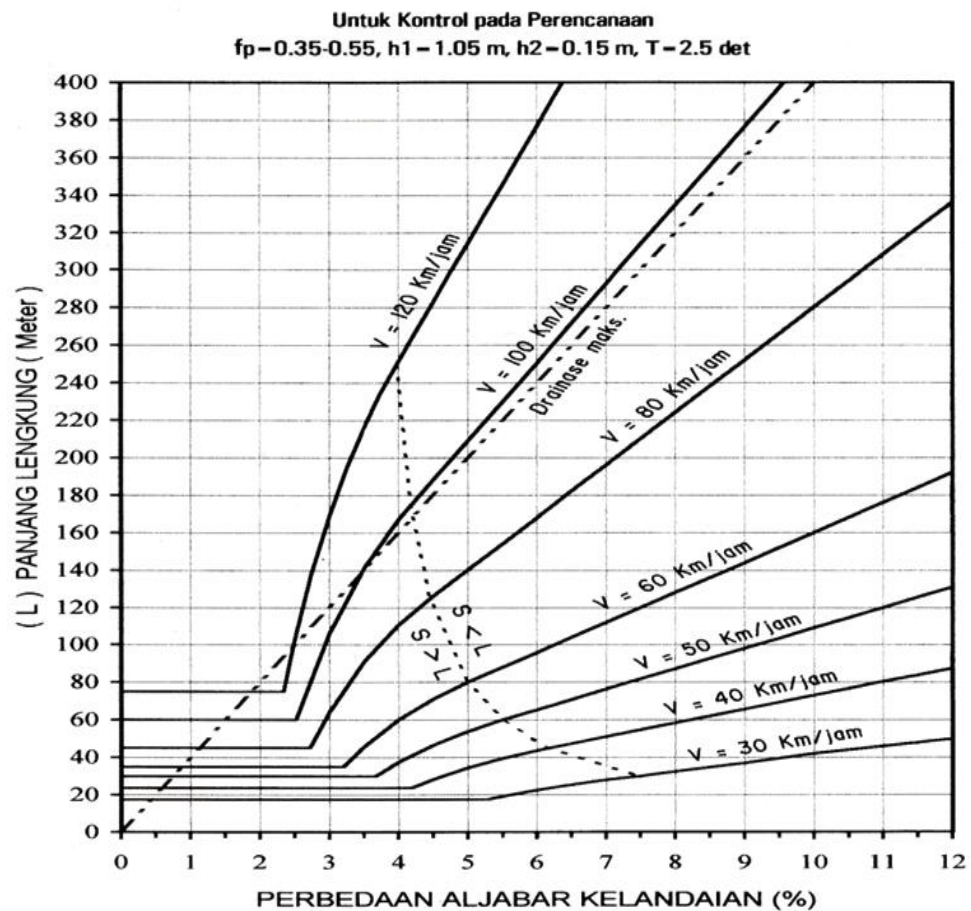
b. Lengkung vertikal cekung

Lengkung vertikal cekung adalah lengkung dimana titik perpotongan antara kedua tangen berada di bawah permukaan jalan. Gambar lengkung vertikal cekung dapat dilihat pada gambar 2.15 di bawah ini :



Gambar 2.15 Alinyemen Vertikal Cekung

Panjang lengkung vertikal cekung ditentukan berdasarkan jarak pandang pada waktu malam hari dan syarat drainase sebagaimana tercantum dalam grafik gambar 2.16 di bawah ini :



Gambar 2.16 Grafik Panjang Lengkung Vertikal Cekung

2.7 Perencanaan Galian dan Timbunan

Dalam merencanakan suatu ruas jalan raya diusahakan agar pada pekerjaan tanah dasar volume galian seimbang dengan volume timbunan. Hal ini bertujuan agar jumlah kebutuhan tanah timbunan dapat dipenuhi oleh tanah dari hasil galian yang ada di lokasi tersebut. Namun perlu diingat bahwa asumsi demikian hanya berlaku apabila kualitas tanahnya memenuhi kriteria yang disyaratkan.

Dengan mengkombinasikan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal, yang dilengkapi dengan bentuk penampang melintang jalan yang direncanakan, memungkinkan kita untuk menghitung besarnya volume galian dan timbunan. Untuk memperoleh hasil perhitungan yang logis, ada beberapa langkah yang perlu dilakukan, yaitu :

1. Penentuan jarak patok (*stationing*), sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinemen horizontal.
2. Penggambaran profil memanjang (*alinyemen vertikal*) yang memperlihatkan perbedaan elevasi muka tanah asli dengan muka perkerasan yang direncanakan.
3. Penggambaran profil melintang (*cross section*) pada setiap titik *stationing*, sehingga memungkinkan untuk menghitung luas bagian galian ataupun timbunan yang ada pada potongan tersebut. Pengukuran tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan alat bantu planimetri.
4. Penghitungan volume galian dan timbunan, yaitu dengan mengalikan luas rata-rata dari penampang galian atau timbunan dengan jarak antar *stationing* tersebut.

2.8 Perencanaan Tebal Perkerasan

Perkerasan jalan adalah lapisan atas badan jalan yang menggunakan bahan – bahan khusus yang secara konstruktif lebih baik dari pada tanah dasar. Perkerasan berfungsi memberikan pelayanan optimal kepada sarana transportasi.

Secara umum perkerasan jalan mempunyai persyaratan yaitu kuat, awet, kedap air, rata, tidak licin, murah, dan mudah dikerjakan. Oleh karena itu bahan perkerasan jalan yang paling cocok adalah pasir, kerikil, batu dan bahan pengikat (aspal atau semen).

Berdasarkan suatu bahan pengikat, lapisan perkerasan jalan dibagi menjadi 3 kategori, yaitu :

1. Perkerasan Kaku (*Rigid Pavement*)

Perkerasan kaku yaitu perkerasan yang menggunakan bahan campuran beton.

2. Perkerasan Lentur (*Flexibel Pavement*)

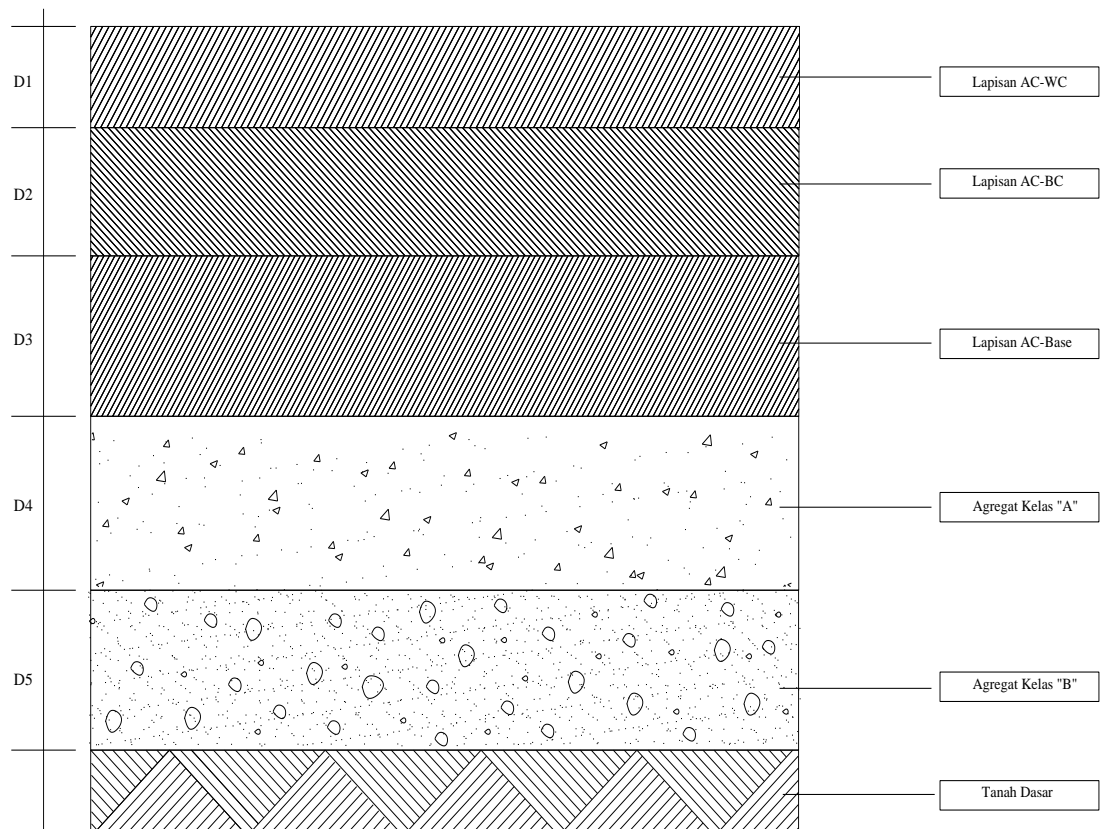
Perkerasan lentur yaitu perkerasan yang menggunakan bahan campuran aspal dari agregat atau bahan-bahan yang bersifat tidak kaku / lentur.

3. Perkerasan Komposit (*Composite Pavement*)

Perkerasan komposit yaitu perkerasan dengan memakai dua bahan, dengan maksud menggabungkan dua bahan yang berbeda yaitu aspal dan beton.

2.8.1 Jenis dan Fungsi Konstruksi Perkerasan Lentur

Konstruksi perkerasan terdiri dari lapisan-lapisan yang diletakkan di atas permukaan tanah dasar yang telah dipadatkan. Gambar lapisan perkerasan lentur dapat dilihat pada gambar 2.17 di bawah ini :



Gambar 2.17 Lapisan Perkerasan Lentur

a. Lapisan Permukaan (*Surface Course*)

Lapisan permukaan adalah lapisan yang terletak paling atas dari suatu perkerasan yang biasanya terdiri dari lapisan bitumen sebagai penutup

lapisan permukaan. Fungsi dari lapisan permukaan ini adalah sebagai berikut :

1. Lapis perkerasan penahan roda, yang mempunyai stabilitas tinggi untuk menahan roda selama masa pelayanan.
2. Lapis kedap air, air hujan yang jatuh di atasnya tidak meresap ke lapisan bawahnya dan melemahkan lapisan-lapisan tersebut.
3. Lapis aus, lapisan ulang yang langsung menderita gesekan akibat roda kendaraan.
4. Lapisan-lapisan yang menyebabkan beban ke lapisan di bawahnya sehingga dapat dipikul oleh lapisan lain dengan daya dukung yang lebih jelek.

Untuk memenuhi fungsi di atas, pada umumnya lapisan permukaan dibuat dengan menggunakan bahan pengikat aspal sehingga menghasilkan lapisan yang kedap air dengan stabilitas yang tinggi dan daya tahan yang lama.

b. Lapisan Pondasi Atas (*Base Course*)

Lapisan pondasi atas merupakan lapisan utama dalam menyebabkan beban badan, perkerasan umumnya terdiri dari batu pecah (kerikil) yang tercantum dengan batuan pasir lempung dengan stabilitas semen, kapur, dan bitumen. Adapun fungsi dari lapisan pondasi atas adalah :

1. Sebagai perletakkan terhadap lapisan permukaan.
2. Melindungi lapisan di bawahnya dari pengaruh luar.
3. Untuk menerima beban terusan dari lapisan permukaan.
4. Lapisan peresapan untuk lapisan pondasi bawah.

c. Lapisan Pondasi Bawah (*Sub Base Course*)

Lapisan pondasi bawah adalah suatu lapisan perkerasan jalan yang terletak antara lapis tanah dasar dan lapis pondasi atas. Fungsi dari lapisan pondasi bawah adalah sebagai berikut :

1. Sebagai bagian dari konstruksi perkerasan untuk mendukung dan menyebarkan beban roda.
2. Mencapai efisiensi penggunaan material yang relatif murah agar lapisan – lapisan di atasnya dapat dikurangi tebalnya (penghematan biaya konstruksi).
3. Untuk mencegah tanah dasar masuk ke dalam lapisan pondasi.
4. Sebagai lapisan pertama agar pelaksanaan dapat berjalan dengan lancar.

d. Lapisan Tanah Dasar (*Subgrade*)

Lapisan tanah dasar adalah permukaan tanah semula atau permukaan tanah galian atau permukaan tanah timbunan yang dipadatkan dan merupakan permukaan dasar untuk perletakkan bagian-bagian perkerasan lainnya. Kekuatan dan keawetan konstruksi perkerasan jalan tergantung dari sifat-sifat daya dukung tanah dasar. Persoalan yang menyangkut tanah dasar adalah sebagai berikut :

1. Perubahan bentuk tetap (*deformasi permanent*) dari maacam tanah tertentu akibat beban lalu lintas.
2. Sifat kembang susut dari tanah tertentu akibat perubahan kadar air.
3. Daya dukung tanah yang tidak merata, sukar ditentukan secara pasti ragam tanah yang sangat berbeda sifat dan kelembabannya.
4. Lendutan atau lendutan balik.

2.8.2 Kriteria Perancangan

1. Jumlah lajur dan lebar lajur rencana

Lajur rencana merupakan salah satu lajur lalu lintas dari suatu ruas jalan yang menampung lalu lintas terbesar. Jika jalan tidak memiliki tanda batas lajur, jumlah lajur ditentukan dari tabel 2.20 lebar perkerasan berikut ini :

Tabel 2.20 Jumlah Lajur Berdasarkan Lebar Perkerasan

Lebar Perkerasan (L)	Jumlah Lajur (m)
$L < 4,5$ m	1 lajur
$4,5 \text{ m} \leq L < 8,00$ m	2 lajur
$8,00 \text{ m} \leq L < 11,25$ m	3 lajur
$11,25 \text{ m} \leq L < 15,00$ m	4 lajur
$15,00 \text{ m} \leq L < 18,75$ m	5 lajur
$18,75 \text{ m} \leq L < 22,50$ m	6 lajur

2. Distribusi kendaraan per lajur rencana

Distribusi kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana dan arah. Distribusi kendaraan ringan dan berat yang lewat pada lajur rencana dipengaruhi oleh volume lalu lintas, sehingga untuk menetapkannya diperlukan survey. Namun demikian koefisien distribusi kendaraan ditentukan dari tabel 2.21 sebagai berikut :

Tabel 2.21 Koefisien Distribusi Kendaraan Per Lajur Rencana (D_L)

Jumlah Lajur	Kendaraan Ringan		Kendaraan Berat	
	1 arah	2 arah	1 arah	2 arah
1 lajur	1,00	1,00	1,00	1,00
2 lajur	0,60	0,50	0,70	0,50
3 lajur	0,40	0,40	0,50	0,475
4 lajur	0,30	0,30	0,40	0,45
5 lajur	-	0,25	-	0,425
6 lajur	-	0,20	-	0,40

3. Tingkat Kepercayaan (Reliabilitas)

Penyertaan tingkat kepercayaan pada dasarnya merupakan cara untuk memasukkan faktor ketidakpastian kedalam proses perancangan perkerasan akan bertahan selama umur rencana. Tingkat reliabilitas untuk bermacam-macam klasifikasi jalan dapat di lihat pada tabel 2.22 di bawah ini :

Tabel 2.22 Tingkat Reabilitas untuk Berbagai Klasifikasi Jalan

Klasifikasi Jalan	Rekomendasi Tingkat Reliabilitas	
	Perkotaan	Antar Kota
Bebas hambatan	85,0 – 99,9	80 – 99,0
Arteri	80 – 99	75 – 95
Kolektor	80 – 95	75 – 95

Beberapa konsep reliabilitas harus memperhatikan langkah – langkah berikut :

- Definisikan klasifikasi fungsional jalan dan tentukan apakah merupakan jalan perkotaan atau jalan antar kota.
- Pilih tingkat reliabilitas dari rentang yang diberikan pada tabel 2.23.
- Pilih deviasi standar (S_o) yang harus mewakili kondisi setempat, rentang nilai S_o adalah 0,35 – 0,45.

Tabel 2.23 Deviasi Normal Standar (Z_R) untuk Berbagai Tingkat Kepercayaan

Tingkat kepercayaan, R (%)	Deviasi normal standar, Z_R	Tingkat kepercayaan, R (%)	Deviasi normal standar, Z_R	Tingkat kepercayaan, R (%)	Deviasi normal standar, Z_R
50,00	- 0,000	90,00	- 1,282	96,00	- 1,751
60,00	- 0,253	91,00	- 1,340	97,00	- 1,881
70,00	- 0,524	92,00	- 1,405	98,00	- 2,054
75,00	- 0,674	93,00	- 1,476	99,00	- 2,327
80,00	- 0,841	94,00	- 1,555	99,00	- 3,090
85,00	- 1,037	95,00	- 1,645	99,99	- 3,750

4. Drainase

Salah satu tujuan utama dari perancangan perkerasan jalan adalah agar lapisan pondasi, pondasi bawah, dan tanah dasar terhindar dari pengaruh air, namun selama umur pelayanan masuknya air pada perkerasan sulit untuk dihindari.

Kualitas drainase menurut AASHTO 1993 adalah berdasarkan pada metoda *time-to-drain*. *Time-to-drain* adalah waktu yang dibutuhkan oleh sistem perkerasan untuk mengalirkan air dari keadaan jenuh sampai pada derajat kejenuhan 50%. Nilai dari *time-to-drain* ditentukan dengan persamaan di bawah ini :

$$t = T_{50} \times M_d \times 24 \quad \dots\dots\dots (2.44)$$

Di mana :

t = *time-to-drain*

T_{50} = *time factor*

M_d = faktor yang berhubungan dengan porositas efektif, permeabilitas, resultan panjang serta tabel lapisan drainase

Untuk menghitung faktor kemiringan (*Slope factor*, S_1) dengan persamaan berikut :

$$S_1 = \frac{L_R \times S_R}{H} \quad \dots\dots\dots (2.45)$$

Di mana :

$$L_R = W (1 + (S/S_x)^2)^{1/2}$$

$$S_R = (S^2 + S_x^2)^{1/2}$$

H = Tebal lapisan permeabel (ft)

Nilai M_d pada persamaan 2.44 dapat dihitung dengan persamaan sebagai berikut :

$$M_d = \frac{n_e \cdot L_R^2}{K \cdot H} \quad \dots\dots\dots (2.46)$$

Di mana :

n_e = Porositas efektif lapisan drainase

k = Permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari sesuai persamaan 2.47

L_R = Resultan panjang (feet)

H = Tebal lapisan permeabel (ft)

$$k = \frac{6,214 \times 10^5 \times D_{10}^{1,478} \times n^{6,654}}{P_{200}^{0,597}} \dots\dots\dots (2.47)$$

Di mana :

k = Permeabilitas lapisan drainase dalam feet/hari

P_{200} = Ukuran efektif atau ukuran butir agregat 10% berat lolos saringan

n = Porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relatif dan total volume

Persamaan untuk menentukan koefisien drainase yang akan digunakan, mencakup sebagai berikut :

a. Menghitung porositas material

$$n = 1 - \left(\frac{\gamma_d}{62,4 \cdot G} \right) \quad (2.48)$$

Di mana :

n = Porositas material (tanpa satuan), nilai rasio dari volume relatif dan total volume

γ_d = Kepadatan kering dalam Lb/ft³

G = Berat jenis bulk (curah), biasanya 2,5 – 2,7

b. Menghitung resultan kemiringan (*Slove Resultant*)

$$S_R = (S^2 + S_x^2)^{1/2} \dots\dots\dots (2.49)$$

Di mana :

S_R = Resultan kemiringan (%)

S = Kemiringan memanjang lapisan drainase (%)

S_x = Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

c. Menghitung resultan panjang (*Length Resultant*)

$$L_R = W (1 + (S/S_x)^2)^{1/2} \dots\dots\dots (2.50)$$

Di mana :

L_R = Resultan panjang (feet)

W = Lebar lapisan drainase (feet)

S = Kemiringan memanjang lapisan drainase (%)

S_x = Kemiringan melintang lapisan drainase (%)

Koefisien drainase untuk mengakomodasi definisi kualitas drainase dan kualitas drainase yang memiliki perkerasan jalan dapat dilihat pada tabel 2.24 dan tabel 2.25 di bawah ini :

Tabel 2.24 Definisi Kualitas Drainase

Kualitas Drainase	Air hilang dalam
Baik sekali	2 jam
Baik	1 hari
Sedang	1 minggu
Jelek	1 bulan
Jelek sekali	Air tidak akan mengalir

Tabel 2.25 Koefisien Drainase (m) untuk Memodifikasi Koefisien Kekuatan Relatif Material *Untreated Base* dan *Subbase*

Kualitas Drainase	Persen waktu struktur perkerasan dipengaruhi oleh kadar air yang mendekati jenuh			
	< 1%	1 – 5%	5 – 25%	> 25%
Baik sekali	1,40 – 1,35	1,35 – 1,30	1,30 – 1,20	1,20
Baik	1,35 – 1,25	1,25 – 1,15	1,15 – 1,00	1,00
Sedang	1,25 – 1,15	1,15 – 1,05	1,00 – 0,80	0,80
Jelek	1,15 – 1,05	1,05 – 0,80	0,80 – 0,60	0,60
Jelek sekali	1,05 – 0,95	0,95 – 0,75	0,75 – 0,40	0,40

5. Kinerja Perkerasan

Pada metoda ini tingkat pelayanan perkerasan dinyatakan dengan indeks pelayanan “IP” saat ini (*Present Serviceability Indeks*, PSI) yang

diperoleh berdasarkan hasil pengukuran ketidakrataan (*Roughness*) dan keausan (alur, retak, dan tambalan). Untuk keperluan perancangan, diperlukan penentuan indeks pelayanan awal dan indeks pelayanan akhir. Indeks pelayanan awal (IPo) diperoleh berdasarkan perkiraan penggunaan jalan terhadap kondisi perkerasan yang selesai dibangun dapat dilihat pada tabel 2.27. Indeks pelayanan akhir (IPt) merupakan tingkat pelayanan terendah yang masih dapat diterima sebelum perkerasan perlu diperkuat. Untuk jalan utama, indeks pelayanan akhir digunakan minimum 2,5 sedangkan untuk jalan yang kelasnya lebih rendah dapat digunakan 2,0 dapat dilihat pada tabel 2.6.

Tabel 2.26 Indeks Perkerasan Lentur Pada Akhir Umur Rencana (IPt)

Klasifikasi Jalan	Indeks Pelayanan Perkerasan Lentur Pada Akhir Umur Rencana (IPt)
Bebas hambatan	$\geq 2,5$
Kolektor	$\geq 2,5$
Arteri	$\geq 2,0$
Jalan hancur	1,50

Tabel 2.27 Indeks Pelayanan Pada Awal Umur Rencana (IPo)

Klasifikasi Jalan	IPo
Lapis Beton Aspal (Laston/AC) dan Lapis Beton Aspal Modifikasi (AC-Mod)	$\geq 4,0$
Lapis Tipis Beton Aspal (Lataston/HRS)	$\geq 4,0$

2.8.3 Metode Perencanaan Tebal Perkerasan

Terdapat banyak metode yang telah dikembangkan dan dipergunakan di berbagai negara untuk merencanakan tebal perkerasan. Metode tersebut kemudian secara spesifik diakui sebagai standar perencanaan tebal perkerasan yang dilakukan oleh negara yang bersangkutan. Beberapa standar yang telah dikenal adalah :

a. Metode AASHTO

Metode ini dikembangkan berdasarkan pengujian skala penuh yang dilakukan oleh AASHO (*American Association Of State Highway Official*) yang sekarang bernama AASHTO (*American Association Of State Highway and Transportation Official*).

b. Metode *Asphalt Institute*

Pada prinsipnya perencanaan perkerasan dengan metode ini terlebih dahulu harus ditentukan *Initial Traffic Number* (ITN) kemudian dihitung *Design Traffic Number* (DTN), selanjutnya akan diperoleh ketebalan perkerasan yang akan direncanakan.

c. Metode Bina Marga

Metode ini dapat dilihat pada buku petunjuk perencanaan tebal perkerasan jalan raya dengan metode analisa komponen, SKBI – 2.3.26.1987 UDC : 625.73(02).

2.8.4 Prosedur Perencanaan Tebal Perkerasan

a. Koefisien kekuatan relatif (a)

Koefisien kekuatan relatif bahan jalan, baik campuran beraspal sebagai lapis permukaan, lapis pondasi serta lapis pondasi bawah disajikan pada tabel 2.28 dibawah ini :

Tabel 2.28 Koefisien Kekuatan Relatif (a)

Jenis Bahan	Kekuatan Bahan						Koefisien Kekuatan Relatif		
	Modulus Elastisitas		Stabilitas Marshal (kg)	Kuat Tekan Bebas (kg/cm ²)	ITS (kpa)	CB R (%)	a ₁	a ₂	a ₃
	(Mpa)	(x 1000 psi)							
1. Lapis permukaan ¹									
Laston modifikasi									
- Lapis aus modifikasi	3.200 ⁽⁵⁾	460	1000				0,4 14		
- Lapis antara modifikasi	3.500 ⁽⁵⁾	508	1000				0,3 60		
Laston									
- Lapis aus	3.000 ⁽⁵⁾	435	800				0,4 00		
- Lapis antara	3.200 ⁽⁵⁾	464	800				0,3 44		
Lataston									
- Lapis aus	2.300 ⁽⁵⁾	340	800				0,3 50		
2. Lapis pondasi									
- Lapis pondasi	3.700 ⁽⁵⁾	536	2250 ⁽²⁾					0,3 05	

laston modifikasi									
- Lapis pondasi laston	3.300 ⁽⁵⁾	480	1800 ⁽²⁾					0,2 90	
- Lapis pondasi lataston	2.400 ⁽⁵⁾	350	800						
- Lapis pondasi LAPEN								0,1 90	
- CMRFB (<i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i>)					300			0,2 70	
- Beton padat giling (BPG/RCC)	5.900	850		70 ⁽³⁾				0,2 30	
- CTB(<i>Cement Treated Recycling</i>)	5.300	776		45				0,2 10	
- CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	4.450	645		35				0,1 70	
- CTSB(<i>Cement Treated</i>)	4.450	645		35				0,1 70	

<i>SubBase)</i>									
- CTRSB (Cement Treated Recycling SubBase)	4.270	619		30				0,1 60	
- Tanah semen	4.000	580		24 ⁽⁴⁾				0,1 45	
- Tanah kapur	3.900	566		20 ⁽⁴⁾				0,1 40	
- Agregat kelas A	200	29				90		0,1 35	
3. Lapis pondasi bawah									
- Agregat kelas B	125	18				60			0,1 25
- Agregat kelas C	103	15				35			0,1 12
- Konstruksi Telford									
- Pemadatan mekanis						52			0,1 04

- Pemasadatan manual						32			0.0 74
- Material pilihan (<i>Selected Material</i>)	84	12				10			0,0 80

Keterangan :

1. Campuran beraspal panas yang menggunakan bahan pengikat aspal modifikasi atau *modified asphalt* (seperti aspal polimer, aspal yang di modifikasi asbuton, *multigrade*, aspal pen 40 dan aspal pen 60 dengan aditif campuran seperti asbuton butir) termasuk asbuton campuran panas.
 2. Diameter benda uji 6 inchi.
 3. Kuat tekan beton untuk umur 28 hari.
 4. Kuat tekan bebas umur 7 hari dan diameter 7 cm.
 5. Pengujian modulus elastisitas menggunakan UMATTA pada temperatur 25°C, beban 2500 N.
- b. Pemilihan tipe lapisan beraspal
- Tipe lapisan beraspal yang digunakan sebaiknya sesuai dengan kondisi jalan yang akan ditingkatkan, yaitu sesuai dengan lalu lintas rencana serta kecepatan kendaraan pada tabel 2.29 di bawah ini :

Tabel 2.29 Pemilihan Tipe Lapisan Beraspal Berdasarkan Lalu Lintas Rencana dan Kecepatan Kendaraan

Lalu Lintas Rencana (Juta)	Tipe Lapisan Beraspal	
	Kecepatan Kendaraan 20-70 km/jam	Kecepatan Kendaraan ≥ 70 km/jam
< 0,3	Perancangan perkerasan lentur untuk lalu lintas rendah	

0,3-1,0	Lapis tipis beton aspal (Lataston/HRS)	Lapis tipis beton aspal (Lataston/HRS)
10-30	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)
≥ 30	Lapis Beton Aus Modifikasi (Laston Mod/AC-Mod)	Lapis Beton Aspal (Laston/AC)

c. Ketebalan Minimum Lapisan Perkerasan

Pada saat menentukan tebal tipis perkerasan, perlu dipertimbangkan keefektifannya dari segi biaya, pelaksanaan konstruksi, dan batasan pemeliharaan untuk menghindari kemungkinan dihasilkannya perancangan yang tebal praktis. Pada tabel 2.24 disajikan tebal minimum untuk lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah.

Tabel 2.30 Tebal Minimum Lapisan Perkerasan

Jenis Bahan	Tebal Minimum	
	(inchi)	(cm)
1. Lapis permukaan		
Laston modifikasi		
- Lapis aus modifikasi	1,6	4,0
- Lapis antara modifikasi	2,4	6,0
Laston		
- Lapis aus	1,6	4,0
- Lapis antara	2,4	6,0
Lataston		
- Lapis aus	1,2	3,0
2. Lapis pondasi		
- Lapis pondasi laston modifikasi	2,9	7,5
- Lapis pondasi laston (AC-Base)	2,9	7,5

- Lapis pondasi lataston	1,4	3,5
- Lapis pondasi LAPEN	2,5	6,5
- CMRFB (<i>Cold Mix Recycling Foam Bitumen</i>)	6,0	15,0
- Beton padat giling (BPG/RCC)	6,0	15,0
- CTB (<i>Cement Treated Base</i>)	6,0	15,0
- CTRB (<i>Cement Treated Recycling Base</i>)	6,0	15,0
- CTSB (<i>Cement Treated SubBase</i>)	6,0	15,0
- CTRSB (<i>Cement Treated Recycling SubBase</i>)	6,0	15,0
- Tanah semen	6,0	15,0
- Tanah kapur	6,0	15,0
- Agregat kelas A	4,0	10,0
3. Lapis pondasi bawah		
- Agregat kelas B	6,0	15,0
- Agregat kelas C	6,0	15,0
- Konstruksi telford	6,0	15,0
- Material pilihan (<i>Selected Material</i>)	6,0	15,0

d. Persamaan dasar

Untuk suatu kondisi tertentu, penentuan nilai struktur perkerasan lentur (Indeks Tebal Perkerasan, SN) dapat dilakukan dengan menggunakan persamaan :

$$\text{Log}(W_{18}) = Z_R + S_o + 9,36 \times \log(SN + 1) - 0,20 + \frac{\log\left(\frac{\Delta IP}{IP_o - IP_t}\right)}{0,40 + \frac{1094}{(SN+1)^{5,19}}} + 2,32 \times \log_{10}(M_R) - 8,07 \quad \dots\dots\dots (2.51)$$

Di mana :

W_{18} = Volume lalu lintas selama umur rencana

Z_R = Deviasi normal standar sebagai fungsi dari tingkat kepercayaan (R)

S_o = Gabungan standard error untuk perkiraan lalu lintas dan kinerja

ΔIP = Perbedaan antara indeks pelayanan pada awal umur perencanaan (IPo) dengan indeks pelayanan pada akhir umur rencana (IPt)

M_R = Modulus resilien tanah dasar efektif (psi)

IPt = Indeks pelayanan jalan hancur (minimum 1,5)

e. Estimasi Lalu lintas

Untuk mengestimasi volume kumulatif lalu lintas selama umur rencana (W18) adalah sesuai dengan prosedur.

f. Tingkat Pelayanan Dan Pengaruh Drainase

Untuk menetapkan tingkat pelayanan dalam proses perancangan dan pengaruh drainase adalah sesuai dengan prosedur.

g. Modulus Resilien Tanah Dasar Efektif

Untuk menentukan modulus resilien akibat pengaruh musim, dapat dilakukan dengan pengujian di laboratorium dan pengujian CBR kemudian di korelasikan dengan nilai modulus resilien.

h. Pemilihan Tebal Lapisan

Perhitungan perancangan tebal perkerasan didasarkan pada kekuatan relatif setiap perkerasan dengan persamaan berikut :

$$SN = a_{1-1} \times D_{1-1} + a_{1-2} \times D_{1-2} + a_2 \times D_2 \times m_2 + a_3 \times D_3 \times m_3 \dots \dots \dots (2.52)$$

Di mana :

$a_1; a_2; a_3$ = Koefisien kekuatan relatif lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah

$D_1; D_2; D_3$ = Tebal lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah (inchi)

$m_2; m_3$ = Koefisien drainase untuk lapis permukaan, lapis pondasi, dan lapis pondasi bawah

Angka 1-1; 1-2; 1-3 = Masing-masing untuk lapis permukaan, lapis pondasi dan lapis pondasi bawah

i. Analisis perancangan tebal perkerasan

Perlu dipahami untuk perkerasan lentur, struktur perkerasan terdiri atas beberapa lapisan bahan yang perlu dirancang dengan seksama dan hendaknya dirancang menurut prinsip yang ditunjukkan pada gambar 10. Tahapan perhitungan adalah sebagai berikut :

- a. Tetapkan umur rencana perkerasan dan jumlah lajur lalu lintas yang akan digunakan.
- b. Tetapkan indeks pelayanan akhir (I_{pt}) dan susunan struktur perkerasan rancangan yang diinginkan.
- c. Hitung CBR tanah dasar yang mewakili segmen, kemudian hitung modulus reaksi tanah dasar efektif (M_R).
- d. Hitung lalu lintas rencana selama umur rencana yang ditetapkan, yaitu berdasarkan volume, beban sumbu setiap kelas kendaraan, perkembangan lalu lintas. Untuk menganalisis lalu lintas selama umur rencana diperlukan coba-coba nilai SN dengan indeks pelayanan akhir (I_{pt}) yang telah dipilih. Hasil iterasi telah selesai apabila prediksi rencana lalu lintas relatif sama dengan (sedikit dibawah) kemampuan konstruksi perkerasan rencana diinterpretasikan dengan lalu lintas.
- e. Tahap berikutnya adalah menentukan nilai struktural seluruh lapis perkerasan di atas tanah dasar. Dengan cara yang sama, selanjutnya menghitung nilai struktural bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah dan di atas lapis pondasi atas, dengan menggunakan kekuatan lapis bawah dan lapis atas. Dengan menyelisikan hasil perhitungan nilai struktural yang diperlukan di atas setiap lapisan , maka tebal maksimum yang diizinkan untuk lapis pondasi bawah akan sama dengan nilai struktural perkerasan di atas tanah dasar dikurangi dengan nilai bagian perkerasan di atas lapis pondasi bawah. Dengan cara yang sama, maka nilai struktural lapisan yang lain dapat ditentukan.

Perlu diperhatikan bahwa prosedur tersebut hendaknya tidak digunakan untuk menentukan nilai struktural yang dibutuhkan oleh bagian perkerasan yang terletak di atas lapisan pondasi bawah atau lapis pondasi atas dengan modulus resilien lebih dari 40.000 psi atau sekitar 270 Mpa. Untuk kasus tersebut, tebal lapis perkerasan di atas lapisan yang mempunyai modulus elastis tinggi harus ditentukan berdasarkan pertimbangan efektivitas biaya serta tebal minimum yang praktis.

2.9 Manajemen Proyek

Manajemen proyek adalah suatu perencanaan, pelaksanaan, pengendalian, dan koordinasi suatu proyek dari mulai hingga berakhirnya proyek untuk menjamin pelaksanaan proyek secara tepat waktu, tepat biaya, dan tepat mutu. Adapun yang akan direncanakan adalah sebagai berikut :

1. Daftar Harga Satuan Alat dan Bahan

Daftar satuan bahan dan upah adalah harga yang dikeluarkan oleh Dinas Pekerjaan Umum Bina Marga tempat proyek berada karena tidak setiap daerah memiliki standar yang sama.

2. Analisa Harga Satuan Pekerjaan

Harga satuan pekerjaan adalah jumlah harga bahan dan upah tenaga kerja berdasarkan perhitungan analisis. Harga bahan didapat dari pasaran, dikumpulkan dalam satu daftar yang dinamakan daftar harga satuan bahan.

3. Perhitungan Volume Pekerjaan

Volume pekerjaan adalah jumlah keseluruhan dari banyaknya (kapasitas) suatu pekerjaan yang ada. Volume pekerjaan berguna untuk menunjukkan banyaknya suatu kuantitas dari suatu pekerjaan agar didapat harga satuan dari pekerjaan-pekerjaan yang ada didalam suatu proyek tersebut. Dalam merencanakan suatu ruas jalan raya diusahakan agar pada pekerjaan tanah dasar volume galian seimbang dengan volume timbunan. Dengan mengkombinasikan alinyemen horizontal dan alinyemen vertikal,

yang dilengkapi dengan bentuk penampang melintang jalan yang direncanakan, memungkinkan kita untuk menghitung besarnya volume galian dan timbunan. Untuk memperoleh hasil perhitungan yang logis, ada beberapa langkah yang perlu dilakukan, yaitu :

- Penentuan jarak patok (*stationing*), sehingga diperoleh panjang horizontal jalan dari alinemen horizontal.
- Penggambaran profil memanjang (*alinyemen vertikal*) yang memperlihatkan perbedaan elevasi muka tanah asli dengan muka perkerasan yang direncanakan.
- Penggambaran profil melintang (*cross section*) pada setiap titik stationing, sehingga memungkinkan untuk menghitung luas bagian galian ataupun timbunan yang ada pada potongan tersebut. Pengukuran tersebut dapat dilakukan dengan menggunakan alat bantu planimetri.
- Penghitungan volume galian dan timbunan, yaitu dengan mengalikan luas rata-rata dari penampang galian atau timbunan dengan jarak antar stationing tersebut.

4. Perhitungan Rencana Anggaran Biaya

Rencana anggaran biaya adalah merencanakan banyaknya biaya yang akan digunakan serta susunan pelaksanaannya dalam perencanaan anggaran biaya perlu dilampirkan antara harga satuan bahan dari setiap pekerjaan agar jelas jenis-jenis pekerjaan dan bahan yang digunakan.

5. Rekapitulasi Biaya

Rekapitulasi biaya adalah biaya total yang diperlukan setelah menghitung dan mengkalikannya dengan harga satuan yang ada. Dalam rekapitulasi terlampir pokok-pokok pekerjaan beserta biaya dan waktu pelaksanaannya.

6. Rencana Kerja (*Time Schedule*)

Rencana kerja adalah pengaturan waktu rencana kerja secara terperinci terhadap suatu item pekerjaan yang berpengaruh terhadap

selesainya secara keseluruhan suatu proyek konstruksi. Adapun jenis-jenis *time schedule* atau rencana kerja :

a. *Barchart*

Barchart adalah sekumpulan daftar kegiatan yang disusun dalam kolom arah vertikal dan kolom arah horizontal yang menunjukkan skala waktu.

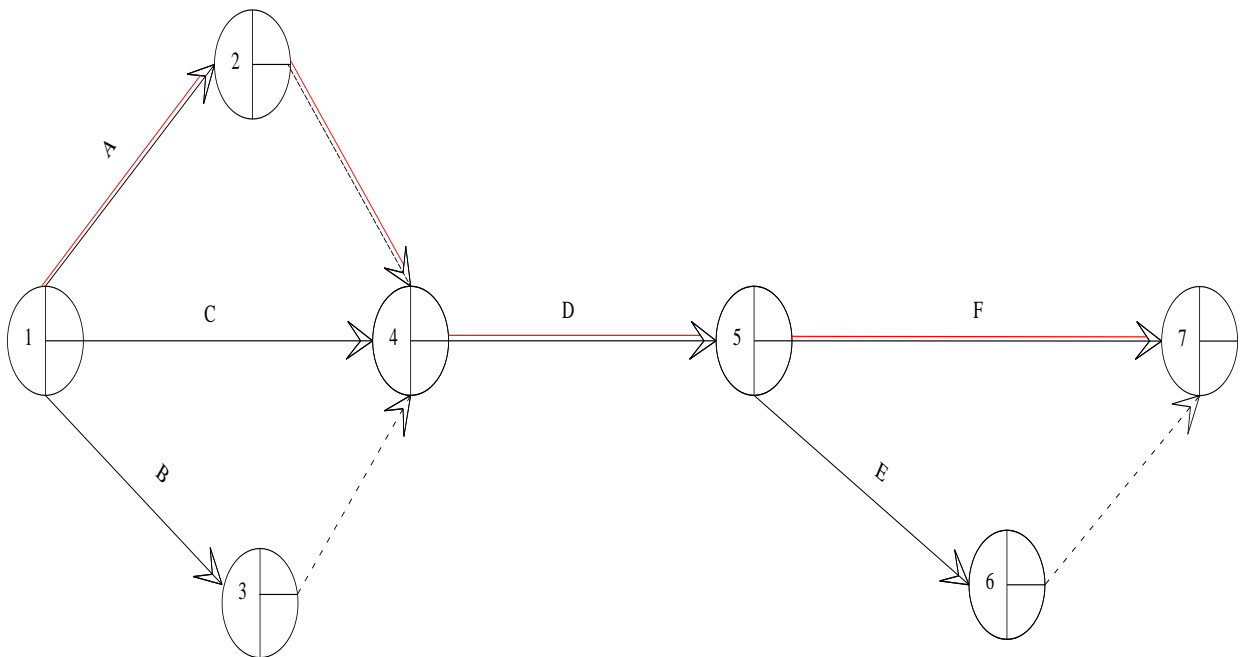
b. Kurva S

Kurva S adalah kurva yang menggambarkan kumulatif progress pada setiap waktu dalam pelaksanaan pekerjaan. Bertambah atau tidaknya persentase pembangunan konstruksi dapat dibandingkan dengan keadaan di lapangan.

c. Jaringan Kerja / *Network Planning* (NWP)

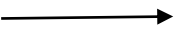
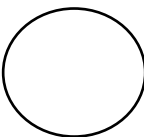

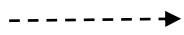
Network planning adalah salah satu cara baru dalam perencanaan dan pengawasan suatu proyek. Di dalam NWP dapat diketahui adanya hubungan ketergantungan antara bagian-bagian pekerjaan atau dengan yang lain.

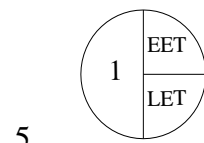
Gambar sketsa *Network planning* dapat dilihat pada gambar 2.18 di bawah ini :



Gambar 2.18 Sketsa *Network Planning*

Keterangan :

1.  Anak panah (*Arrow*), merupakan pekerjaan atau tugas dimana penyelesaiannya membutuhkan jangka waktu tertentu.
2.  Lingkaran, merupakan permulaan atau akhir dari suatu kejadian.
3.  Anak panah sejajar (*Double Arrow*), merupakan kegiatan dilintasan kritis.
4.  Anak panah dengan garis putus-putus (*Dummy*), artinya kegiatan semu atau aktifitas semu. Yang dimaksud aktifitas semu adalah aktifitas yang tidak menekan waktu.



1 = Nomor Kejadian

EET (*Earliest Event Time*)= waktu yang paling cepat yaitu menjumlahkan durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan awal dilanjutkan dengan kegiatan berikutnya dengan mengambil angka yang terbesar.

LET (*Laetest Event Time*) = waktu yang paling lambat yaitu mengurangi durasi dari kejadian yang dimulai dari kegiatan paling akhir dilanjutkan kegiatan sebelumnya dengan angka terkecil.

6. A, B, C, D, E, F Merupakan kegiatan.